Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Wurzeln einiger Familien der Sapindales mit Rücksicht auf die Systematik.

ACAD.
UGD. BAT.
BIBL.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen philosophischen Fakultät der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Wilhelm Weber

aus Göttingen.

Göttingen

Buchdruckerei Robert Noske, Borna-Leipzig

1913.

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung.
Tag der mündlichen Prüfung: 7. Juli 1913.

Referent: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Peter.

Einleitung.

In der vorliegenden Arbeit soll der anatomische Bau der Wurzeln, speziell der Fam. Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Celastraceae und Staphyleaceae untersucht werden. Gleichzeitig sollte versucht werden, zu zeigen, wieweit die einzelnen Gewebe geeignet sind, die Familien bezw. die Gattungen und Arten anatomisch zu trennen.

Schon Lohrer (Inaug.-Diss. Marburg 1886) wies auf den systematischen Wert der Wurzelanatomie hin und stellte eine Tabelle zur Unterscheidung einer großen Anzahl von Cruciferen auf, wobei er die Unterschiede hauptsächlich im sekundären Holzkörper suchte. v. Alten (Inaug.-Diss. Göttingen 1908) hielt sich bei der Aufstellung seiner Bestimmungstabelle hauptsächlich an das primäre Stadium und zog das sekundäre meist nur zur Speziesbestimmung heran. Dieser Art schließt sich auch Noelle (Inaug.-Diss. Göttingen 1910) an, während Detzner (Inaug.-Diss. Göttingen 1910) bei der Unterscheidung der Familien und Gattungen der Amentaceen vorzugsweise das sekundäre Stadium verwendet. Auch bei den von mir untersuchten Wurzeln zeigt das sekundäre mehr als das primäre Stadium Übereinstimmung innerhalb der einzelnen Familien und größere Differenz zwischen mehreren Familien, so daß ich auch vorzugsweise das sekundäre Stadium zur Unterscheidung der Familien und Gattungen und das primäre Stadium meist zur Artbestimmung heranzog.

Das Material stammt aus den Botanischen Gärten zu Göttingen und Münden, deren Vorstände die Entnahme desselben bereitwillig gestatteten. Die Arbeit wurde ausgeführt unter der Leitung des Herrn Geheimrats Prof.

Dr. Peter. Diesem, meinem hochverehrten Lehrer bin ich für seine Anregung und Unterstützung zu großem Dank verpflichtet.

Untersucht wurden 54 Arten der obengenannten Familien.

I. Anatomischer Befund.

Man unterscheidet bei den Wurzeln ein primäres und sekundäres Stadium. Die primären Wurzeln sind nach außen durch die Epidermis abgeschlossen, die bei den untersuchten Arten mit Ausnahme weniger Fälle einschichtig ist. Unter ihr kann eine Hypodermis liegen, deren Zellwände in der Regel verkorkt sind. Sind die Wände dieser Schicht unverkorkt und heben sich ihre Zellen durch die Verdickung ihrer Wände von dem darunter liegenden Rindengewebe ab, so bezeichnet man sie als Exodermis. Die primäre Rinde, deren innerste Schicht bis auf wenige Zellen verkorkt ist und als Endodermis bezeichnet wird, umschließt den Zentralzylinder mit den Xylem- und Phloemanfängen. Krömer[1] hat für die einzelnen Schichten der primären Wurzeln nach ihrem verschiedenen Bau neue Bezeichnungen eingeführt. Diese habe ich nicht übernommen, sondern die eben angegebenen im folgenden benutzt. Zur Unterscheidung der Schichten der primären Wurzeln wandte ich stets die Färbung mit Sudan III nach der Vorschrift Krömers an, wodurch es meist nur möglich war, das Vorhandensein einer Hypodermis festzustellen. — Sobald die Korkbildung im Perizykel auftritt, wird die primäre Rinde funktionslos und versintert oder wird abgestoßen. Mit dieser Korkbildung ist die Wurzel in das sekundäre Stadium eingetreten. In der Literatur findet man für die außerhalb des sekundären Holzkörpers liegenden Zellschichten den gemeinsamen Ausdruck „sekundäre Rinde" und bei einigen Autoren eine weitere Einteilung in Außen-, Mittel- und Innenrinde, wo unter Außenrinde der Kork, unter Mittel- und Innenrinde das

[1] Krömer, Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzeln, Bibl. bot. Heft 59.

Phloem verstanden wird, das oftmals durch Gruppen sklerenchymatischer Elemente deutlich in 2 Schichten getrennt wird, die sich auch durch Form und Größe ihrer Zellen unterscheiden. Wenn ich im folgenden von „sekundärer Rinde" spreche, so verstehe ich darunter nur die Phloemschichten, die in der soeben angegebenen Weise differenziert sein können.

Stets wurden Wurzeln höherer Ordnung miteinander verglichen und, soweit es möglich war, gleich alte Stadien zur Untersuchung herangezogen.

Fam. Anacardiaceae.

Untersucht wurden 20 Arten aus den 6 Gattungen: Rhus (10), Schinus (5), Pistacia (2), Lithraea (1), Semecarpus (1), Mauria (1).

Die primären Wurzeln zeigen bei den einzelnen Arten eine verschiedene Dicke. Meist sind sie sehr dünn, und durch eine frühe Korkentwicklung geht das primäre Stadium schon sehr bald in das sekundäre über.

Bei allen untersuchten Arten ist die Epidermis kleinzellig und fast immer dünnwandig. Eine Verdickung der äußeren Tangentialwand fand sich nur bei Lithraea venenosa. Im Querschnitt sind die Epidermiszellen von gleichförmiger quadratischer oder rundlicher Gestalt, selten sind sie tangential gestreckt (bei Rhus viminalis).

Außerordentlich verschieden ist die Ausbildung von Wurzelhaaren. In der Regel sind sie dünn und lang und dabei spärlich, bei einigen Arten jedoch, z. B. Rhus vernicifera und Rhus vernix, sind sie kurz hinter der Wurzelspitze über eine Strecke von einigen Zentimetern so zahlreich, daß sie mit unbewaffnetem Auge als Rauhigkeiten der Epidermis zu erkennen sind.

Stets liegt unter dieser kleinzelligen Epidermis eine meist großzellige Hypodermis. Sie fehlte an den von mir untersuchten Wurzeln nur bei Schinus latifolia. In der Regel ist sie einschichtig, doch findet sich bei Schinus de-

pendens und Schinus mollis auch die zweite Rindenschicht verkorkt, allerdings nicht auf dem ganzen Umfange, wie auch die äußere Hypodermschicht bei diesen Arten nie alle Zellen gleichzeitig verkorkt zeigt. Bei Semecarpus atrata findet sich die dritte oder vierte Rindenschicht als Hypodermis ausgebildet. Die Hypodermzellen sind meist doppelt so breit und tief wie die darüber liegenden Epidermiszellen; bei Rhus pendulina, wo allerdings die Epidermis im Verhältnis zum übrigen Wurzelgewebe sehr kleinzellig ist, sind die Hypodermiszellen sogar 3—5 Epidermiszellen breit. Sie sind fast immer gleichförmig, polygonal und etwas in tangentialer Richtung gestreckt. Sehr ungleichförmig sind sie dagegen bei Rhus vernix, wo einzelne Zellen nicht größer als die Epidermiszellen, andere aber 3—4mal so groß sind. Bei Rhus vernicifera findet sich parallel zur Wurzeloberfläche eine Verdickungsleiste in den Hypodermiszellen, die Reaktionen mit Phloroglucin + Salzsäure gibt.

In der primären Rinde hat oft die der Hypodermis anliegende Schicht die gleiche Zellengröße wie diese, während die anderen, besonders die mittleren Schichten, erheblich großzelliger sind, so z. B. bei Rhus viminalis oder bei den Saugwurzeln von Rhus vernicifera, wo die Zellen der mittleren Schicht den 3—4fachen Durchmesser haben wie die äußeren. Bei Rhus ist die Rinde in der Regel sehr wenigschichtig (bei Rhus cotinus zweischichtig); Schinus und andere Gattungen haben allgemein dickere primäre Rinden. Die äußeren Zellschichten schließen in der Regel dicht zusammen, während die inneren Zellen, besonders bei dicken Wurzeln, wegen ihrer mehr kugeligen Form Interzellularen zwischen sich lassen.

Die Endodermis ist stets kleinzellig, dünnwandig und einschichtig.

Endotrophe Mykorrhiza ist selten; ektotrophe fand ich nie.

Die Zahl der Gefäßanfänge ist sehr klein, meist 2 oder 3, selten mehr.

Bei einigen Arten findet sich typische Heterorhizie, so bei Schinus terebinthifolia und Rhus vernicifera. Auch bei Semecarpus atrata kommen 2 Wurzeltypen vor; beide haben 7 Xylemanfänge und gleich dicke Zentralzylinder, der eine Typus mit 6—7, der andere mit doppelt soviel Rindenschichten. Während bei ersterem die Xylemanfänge sich früh zusammenschließen, bleiben sie bei letzterem lange isoliert.

Im sekundären Stadium zeigen alle Anacardiaceen ein gemeinsames Merkmal: das Vorkommen schizogener Sekreträume im Phloem.

Die Größe und Zahl der Gefäße ist bei den Arten innerhalb einer Gattung ganz verschieden, auch die Gefäßanordnung im Querschnitt ist nicht bei den einzelnen Spezies gleichartig. Während Schinus latifolia Gefäßgruppen zeigt, die radiäre Reihen bilden, finden sich bei anderen Anacardiaceen die Gefäße einzeln oder in Gruppen zerstreut, wieder bei anderen in konzentrischen Ringen angeordnet (Rhus semialata); oft auch ist die Gefäßanordnung in jüngeren Wurzeln eine zerstreute, bei älteren Wurzeln derselben Art dagegen eine ringförmige (Rhus vernix).

Ganz allgemein sind die Gefäßdurchbrechungen bei den untersuchten Arten einfach, kreisrund oder elliptisch, je nachdem die Querwand im Gefäß senkrecht oder schief auf der Längswand stand. Die einzelnen Gefäßglieder sind verhältnismäßig kurz. Ihre Tüpfelung ist in der Regel einfach; nur wenn 2 Gefäße aneinander stoßen, sind die Berührungsflächen mit Hoftüpfeln versehen. Die einfachen Tüpfel der Gefäße sind oft sehr zahlreich und groß und lassen das Gefäß durch die nicht verdünnten Membranteile netzförmig verdickt erscheinen, oder sie erwecken den Eindruck einer leiterförmigen Durchbrechung, wenn die Tüpfel elliptisch und dann mit der Längsachse vertikal gestellt sind.

Die Grundmasse des Holzkörpers wird von einfach getüpfeltem Prosenchym gebildet. Bei einer Reihe von

Arten ist es weitlumig (Rhus toxicodendron, Rhus lobata), bei anderen, z. B. Rhus semialata, von geringerem lichten Durchmesser. Auch findet es sich gekammert vor, so bei Schinus mollis, wo diese Kammerfasern die Grundmasse bilden, bei Pistacia Terebinthus, Mauria simplicifolia u. a.

Holzparenchym findet sich nur spärlich, zumeist in Begleitung der Gefäße.

Die Markstrahlen sind bei allen Anacardiaceen nur ein- oder zweireihig, selten mehrreihig.

Nach Möller[1] können bei der sekundären Rinde des Sprosses 3 Typen auseinandergehalten werden: 1. Sie entbehrt der Bastfasern sowohl wie der Steinzellen (Rhus), 2. sie bildet keine Bastfasern, aber Steinzellen (Pistacia), 3. sie besitzt endlich Bastfasern und bildet in diesem Falle keine (Schinus) oder doch nur ausnahmsweise Steinzellen (Anacardium). Dies trifft für die sekundäre Rinde der Wurzel nicht vollständig zu. Bei Rhus fand ich abweichend von obigen Angaben verschiedentlich neben den primär angelegten Sekretgängen einzelne oder Gruppen von sklerotisierten Zellen, und bei den von mir untersuchten Pistaciaarten ließen sich Bastfasern, wenn auch nur in geringer Anzahl, neben den Steinzellen in Begleitung der Balsamgänge feststellen.

Diese Balsamgänge, die ich in der sekundären Wurzelrinde aller von mir untersuchten Anacardiaceen meist in größerer Anzahl fand, führen, nach der Farbe zu schließen, bei den verschiedenen Arten auch verschiedenen Inhalt. Die die Gänge auskleidenden Zellen, meist rundlich oder längsgestreckt, geben fast immer eine Rotfärbung ihres Inhaltes mit Sudan III, nicht selten auch eine Dunkelfärbung mit $Fe\,Cl_3$ und Rotfärbung mit K OH.

Sehr häufig ist das Vorkommen von oxalsaurem Kalk in der sekundären Rinde. Hier finden sich in den äußeren Schichten meist größere Drusen oder Einzelkristalle als in

[1] Dr. J. Möller, Anatomie der Baumrinden 1882.

den inneren, wo sie oft in gekammerten Zellen reihenförmig eingelagert sind. Ob Drusen und Einzelkristalle gemeinsam vorkommen oder jede Modifikation nur für sich allein, ist bei den einzelnen Arten verschieden.

Gattung Rhus.

1. Rhus coccifera.

Wurzelhaare spärlich. Epidermis gleichförmig, versintert früh. Hypodermis doppelt so breit wie die Epidermis. Primäre Rinde 3—4 schichtig, großzelliger als die Hypodermis; mittlere Schicht am großzelligsten. Zentralzylinder von sehr geringem Durchmesser; etwa 12 Endodermzellen umschließen ihn. Zwei Xylemanfänge.

Im sekundären Stadium zahlreiche große Gefäße, ringförmige Anordnung nicht deutlich erkennbar. Tüpfel an den Enden der Gefäßglieder und Tracheiden sehr breit. Markstrahlen 1—2 reihig; Holzparenchym nur in Begleitung der Gefäße. In der Rinde finden sich spärlich Einzelkristalle, Kork großzellig und von unregelmäßiger Zellform.

2. Rhus cotinus. L.

Primäre Wurzeln sehr dünn. Epidermis kleinzellig und dünnwandig. Kurz hinter der Wurzelspitze viele braune Wurzelhaare. Hypodermis mit großen, gleichförmigen polygonalen Zellen. Rinde zweischichtig; Zellen doppelt so groß wie die Hypodermiszellen, mit braunem Inhalt. Zwei Xyleme, schließen sich sehr früh zentral zusammen.

Im sekundären Stadium sehr viele und große Gefäße, in typisch ringförmiger Anordnung. Die einzelnen Gefäße in radialer und tangentialer Richtung nur durch wenig Prosenchymschichten getrennt. Hoftüpfelung nur bei Aneinandergrenzung von Gefäßen gefunden. Gefäßdurchbrechung einfach. Markstrahlen 1—2 reihig. In der sekundären Rinde zahlreiche Balsamgänge von sehr verschiedenem Durchmesser, mit hellem oder braunem Inhalt. Einzelkristalle und Drusen spärlich. In der Innenschicht der Rinde Kristall-

kammerzellen. Kork plattenförmig, mehrschichtig; äußere Schichten stark verdickt.

3. Rhus lobata.

Primäre Wurzel sehr dünn. 2 Xyleme, sehr früh geschlossen.

Gefäße von sehr verschiedener Größe, z. T. recht großlumig, zahlreich. Gefäße und Tracheiden mit breiten Tüpfeln. Einfach getüpfelte Holzfasern sehr weitlumig. Hoftüpfelung der Gefäße wie bei Rhus cotinus. Markstrahlen spärlich, 1—2 reihig; ihre Zellen vom Grundgewebe im Querschnitt durch die Gestalt nicht zu unterscheiden. Zellen der sekundären Rinde ziemlich gleichförmig. Große Kristalldrusen in der Außenrinde zerstreut, in den inneren Schichten kleinere Drusen in langen Reihen untereinander. Korkzellen etwas abgeplattet.

4. Rhus pendulina.

Wurzelhaare spärlich; Epidermis aus kleinen, im Querschnitt quadratischen Zellen gebildet. Hypodermzellen etwa 3—5 mal so breit wie die Epidermiszellen, tangential etwas gestreckt oder gleichförmig polygonal. Rinde 3—4 schichtig, kaum großzelliger als die Hypodermis. Endodermis schließt sich spät. Zwei Xylemanfänge.

Im sekundären Stadium Gefäße zahlreich, weitlumig, zerstreut, einzeln oder in Gruppen. Thyllen. Gekammerte Holzfasern kommen vor. Markstrahlen 1—2 reihig, nicht zahlreich. Einzelkristalle in der sekundären Rinde spärlich. Die zuerst angelegten Balsamgänge an den tangentialen Seiten von langen, parenchymatischen, dickwandigen Sklerenchymzellen begleitet.

5. Rhus semialata.

Epidermis und Hypodermis mit braun gefärbten Membranen. 3—4 Rindenschichten. Hypodermzellen mit Verdickungsring parallel zur Wurzeloberfläche. 3—4 Xylemanfänge.

Gefäße von sehr verschiedener Größe, ringförmig angeordnet, zwischen den Ringen einzelne zerstreut liegend. Gekammerte Holzfasern zahlreich. Markstrahlen spärlich, durch viele Reihen Holzprosenchym getrennt, 1—2 reihig. In der sekundären Rinde viele, nicht sonderlich breite Balsamgänge. Sklerenchymzellen wie bei Rhus lobata. Viele Kristalldrusen; in der Innenrinde Kristallkammerzellen. Kork sehr gleichförmig, geschichtet.

6. Rhus toxicodendron. L.

Lange, dünne Wurzelhaare. Hypodermzellen sehr dünnwandig. Rinde 3—4 Schichten; äußere Schichten nicht großzelliger als die Hypodermis, mittlere etwas größer. Primäre Rinde bleibt lange erhalten. 3 Xyleme. Im sekundären Stadium Gefäße zahlreich, zerstreut, meist in Gruppen zusammenliegend. Gefäße mit runden und breiten elliptischen Tüpfeln. Holzparenchym häufiger als bei den vorigen Arten, mit sehr breiten Tüpfeln. Kristalldrusen in der sekundären Rinde sehr zahlreich, in den inneren Schichten in Kristallkammerzellen. Korkzellen etwas abgeplattet.

7. Rhus undulata.

Hypodermis wenig großzelliger als die Epidermis. 3 Rindenschichten. Xylemanfänge schließen sich sehr bald hinter der Wurzelspitze. In diesem Stadium tritt schon die Korkbildung im Pericykel auf. Epidermiszellen mit braunem Inhalt, die Rindenzellen mit grüngelbem; geben mit $Fe\,Cl_3$ Dunkelfärbung. Gefäße kleinlumig, nicht sehr zahlreich, einzeln oder in Gruppen mit radial aneinander grenzenden Gefäßen; typisch ringförmige Anordnung gut zu erkennen. Gekammerte Holzfasern wurden beobachtet. Holzparenchym nur in Begleitung der Gefäße. Markstrahlen zahlreich, meist nur durch einige Prosenchymreihen getrennt, schmal, 1—3 reihig, meist 2 reihig, verbreitern sich sehr in der sekundären Rinde. In dieser sind Sekretgänge zahlreich, mit braunem Inhalt. Kristalle groß, spärlich. Phelloderm

deutlich erkennbar. Kork vielschichtig; kubische Zellen, dickwandig.

8. Rhus vernicifera. D. C.

Primäres Stadium lange erhalten. Wurzelhaare zahlreich und lang, mit unbewaffnetem Auge erkennbar. Hypodermis kleinzellig; Zellen etwas tangential gestreckt. Heterorhizie. Saugwurzeln: 4 Xyleme, 3 Rindenschichten; davon die äußeren Zellen kaum größer als die Hypodermzellen, mittlere dagegen etwa von dreifachem Durchmesser der äußeren. Bereicherungswurzeln: 7 Xylemanfänge, 10—12 Rindenschichten.

Sekundäres Material stand mir nicht zur Verfügung.

9. Rhus vernix.

Wurzelhaare sehr zahlreich und lang, mit unbewaffnetem Auge als dichter Filz erkennbar. Die Membranen der Wurzelhaare, der Epidermis und Hypodermis sind dunkelbraun gefärbt. Hypodermzellen von ungleich großer Gestalt. Rinde 3—4 schichtig, Zellen wenig größer als die größeren Hypodermzellen. 4—6 Xyleme.

Im sekundären Stadium Gefäße zahlreich, in jüngeren Wurzeln unregelmäßig zerstreut, in älteren ringförmig angeordnet. Tüpfel meist so breit, daß die Gefäße leiterförmig durchbrochen erscheinen. Thyllen. Grundgewebe ist weitlumiges, dünnwandiges Holzprosenchym; daneben spärlich Holzparenchym. Markstrahlen 1—2 reihig, zahlreich. In der sekundären Rinde finden sich viele Sekretgänge mit braunem Inhalt, die ältesten von kleinen Gruppen verholzter parenchymatischer Zellen begleitet. Rindenzellen gleichförmig, rundlich, etwas längsgestreckt. Kristalldrusen nicht sehr zahlreich. Kork kubisch oder wenig abgeplattet.

10. Rhus viminalis.

Epidermis- und Hypodermiszellen tangential gestreckt. Rinde 3 schichtig; mittlere Lage sehr großzellig. Endodermis

umschließt sehr dünnen Zentralzylinder. 2 Xylemanfänge, sehr früh zentral geschlossen.

Im sekundären Stadium Gefäße sehr spärlich und englumig, in Gruppen zerstreut. Tüpfelung sehr reichlich. Die Gefäßwandungen erscheinen netzförmig verdickt. In der sekundären Rinde große Einzelkristalle in den äußeren, Kristallkammerzellen mit kleinen Einzelkristallen in den inneren Schichten. Sekretgänge spärlich mit gelbem Inhalt. Kork großzellig, dickwandig, ungleichförmig.

Gattung Schinus.

1. Schinus latifolia.

Epidermis kleinzellig. Hypodermis meist nicht vorhanden. Primäre Rinde zwölfschichtig; äußere Schichten kleinzellig, Zellen dicht aneinandergefügt; mittlere Schichten großzelliger, mit rundlichen Zellen. 4—5 Xylemanfänge. Im Siebteil je ein Harzgang.

Die sekundäre Wurzel im frühen Stadium ist dünner als die primäre, da die dicke Rinde abgestoßen ist. Gefäße groß, mit Spiralverdickung, zahlreich, in radialen Reihen angeordnet, bei der Berührung mit Markstrahlen oder Holzparenchym einfach getüpfelt; einfache Gefäßdurchbrechung. Parenchym nur in Begleitung der Gefäße. Lange stumpfe Holzfasern mit einfacher Tüpfelung. Markstrahlen 1—4reihig. In der sekundären Rinde einzelne Bastfasern. Die Harzgänge haben im Querschnitt tangential gestreckte Form; sie sind mit längs gestreckten Zellen ausgekleidet. Viel Stärke in der sekundären Rinde; Zellen in der Umgebung der Sekretgänge frei von Stärke. Kristalldrusen sehr spärlich. Kork großzellig; fast kubische Zellen. Phelloderm deutlich erkennbar.

2. Schinus dependens.

Primäre Wurzeln nur wenige Millimeter lang. Heterorhizie; Bereicherungswurzeln (4—5 Xylemanfänge) gehen früh in das sekundäre Stadium über; Saugwurzeln

werden abgestoßen, nachdem sie kurze Zeit in Funktion waren. — Epidermis wird früh abgestoßen. Hypodermis mehrschichtig; aber nicht alle Zellen dieser Schichten verkorkt. Endodermis großzellig; schon in frühem Stadium alle Zellen verkorkt. Primäre Rinde großzellig, 2—3schichtig.

Im sekundären Holzkörper sind die Gefäße spärlich. Kurze Tracheiden mit Hoftüpfelung. Holzprosenchym englumig, mit einfachen Tüpfeln; auch gekammerte Fasern. In der sekundären Rinde Gruppen von Bastfasern, zerstreut; einzelne gekammert mit kleinen rhombischen Kristallen. Kristalle auch sonst in den Rindenzellen zerstreut. Kork vielschichtig, dickwandig; kubische Zellen.

3. Schinus longifolia.

Lange Wurzelhaare. Epidermis 1schichtig, kleinzellig. Hypodermis wie bei Schinus dependens. Primäre Rinde 5schichtig; rundliche Zellen; mittelste Schichten am großzelligsten. Endodermis kleinzellig; tangential langgestreckte Zellen. Im Phloem treten die Sekretgänge schon auf, wenn die ersten Xylemzellen sich differenzieren. In diesem Stadium zeigen die noch unverkorkten Endodermiszellen den Casparischen Ring. 4 Xylemanfänge. Die primäre Rinde bleibt lange erhalten.

Gefäße des sekundären Holzes mit reichlicher Tüpfelung. Thyllen, mit Stärke gefüllt. Holzprosenchym mit einfacher Tüpfelung. In der sekundären Rinde Gruppen langer englumiger Bastfasern, keine Steinzellen. Kristalle von rhombischer Form spärlich, zerstreut.

4. Schinus mollis.

Epidermis 1schichtig; kleine Zellen; äußere Tangentialwandung dick, mit brauner Einlagerung. Lange Wurzelhaare mit dunklem Inhalt. Hypodermis 1schichtig; Zellgröße wie die der Rinde. Primäre Rinde 3—6schichtig; alle Zellen von gleicher Größe. 3—5 Xylemanfänge.

Im sekundären Holzkörper finden sich die Gefäße spärlich, im Querschnitt zerstreut, oft wenige in Gruppen radial angeordnet. Thyllen vorhanden, wenn auch nur spärlich. Gefäße und Tracheiden mit Spiralverdickung. Hauptmasse des Holzes bilden einfach getüpfelte, stumpfe gekammerte Fasern. In der sekundären Rinde finden sich zerstreut Gruppen von dickwandigen Bastfasern. Einzelne Kristalldrusen oder Einzelkristalle führende Zellen im Rindenparenchym. Die Inhalte der Sekretgänge sind hellgelb bis dunkelbraun, färben sich mit Chlorzinkjod braun, mit doppelchromsaurem Kali gelb bis karminrot.

5. Schinus terebinthifolia.

Heterorhizie; Bereicherungswurzeln 5—6 Xylemanfänge; Rinde bis 10 schichtig; Saugwurzeln 2—4 Xylemanfänge, Rinde wenigschichtig. Die kleinzellige dünnwandige Epidermis schrumpft früh. Hypodermis etwas großzelliger als die Epidermis; Rindenzellen noch größer.

Gefäße im sekundären Holzkörper zahlreich, keine typische Anordnung in Reihen. Viel Holzparenchym. In der sekundären Rinde Zellen mit Einzelkristallen und Kristalldrusen.

Gattung Pistacia.

1. Pistacia Lentiscus.

Epidermis gleichförmig; Zellen mit braunem Inhalt, Wandungen nicht verdickt. Wurzelhaare kurz, spärlich. Hypodermis 1 schichtig; kubische oder tangential etwas gestreckte Zellen. Primäre Rinde 3—5 schichtig; Zellen mit bräunlich-grünem Inhalt. Dieser färbt sich mit KOH rotbraun, mit $FeCl_3$ blau. 4 Xylemanfänge.

Elemente des sekundären Holzes wie bei Pistacia Terebinthus, Gefäße aber kleiner; Markstrahlen 1—3 reihig. In der sekundären Rinde sehr viel Einzelkristalle und Drusen. Bastfasern und Steinzellen spärlich. Rindenzellen rundlich, dickwandig; keine regelmäßige Anordnung. Markstrahl-

zellen heben sich wie auch bei Pistacia Terebinthus deutlich in der sekundären Rinde ab. Korkzellen kubisch.

2. Pistacia Terebinthus.

Grundgewebe des sekundären Wurzelholzes sind englumige Holzfasern mit einfacher Tüpfelung. Gefäße zahlreich, weitlumig, zerstreut im Holzkörper; ihre Wände mit Spiralverdickung. Tüpfel der Gefäße zum Teil vertikal sehr verbreitert. Alle Holzelemente einfach getüpfelt. Nur ein einziges Mal fand ich typische Hoftüpfelung eines Gefäßes bei der Berührung mit einer Holzfaser. Viel Thyllen in den Gefäßen; sie enthalten Stärke. In der Nachbarschaft der Gefäße finden sich vereinzelt gekammerte Holzfasern. Die Zellen der äußeren Schichten der sekundären Rinde stark verdickt; viele sklerotisiert, fast zum Ring geschlossen. Bastfasern namentlich in Begleitung der Sekretschläuche. Kristalle spärlich; sie finden sich auch in den verholzten Zellen der Rinde. Kork vielschichtig; Zellen dickwandig, fast kubisch.

Gattung Lithraea.

Lithraea venenosa.

Die Epidermis besteht aus gleichförmigen, kleinen, im Querschnitt quadratischen Zellen; äußere Tangentialwand dieser Zellen verdickt. Hypodermiszellen größer als die der Epidermis. Primäre Rinde 5—6 schichtig, großzellig; mittlere Zellen am größten, rundlich; äußere Zellen gegeneinander abgeplattet, keine Interzellularen zwischen sich lassend. Endodermiszellen gleichförmig, klein, rundlich. 4—5 Xylemanfänge. Im sekundären Stadium sind die Gefäße groß, spärlich, im Wurzelquerschnitt unregelmäßig zerstreut. Gefäßdurchbrechungen einfach, elliptisch. Markstrahlen 1—7 reihig, die primären treten als die breitesten deutlich hervor. In der sekundären Rinde fast alle Parenchymzellen mit Einzelkristallen; keine Kristallkammerzellen. Zahlreiche Sekretschläuche; Inhalt tiefbraun. Ein geschlossener Ring aus Steinzellen umfaßt die Sekretgänge vollständig

oder greift von außen weit um die einzelnen Gänge herum. Kork vielschichtig; dickwandige kubische Zellen. Im Holzkörper viel Stärke, in der Rinde nur spärlich.

Gattung Semecarpus.

Semecarpus atrata.

Sekundäres Material mit ausgebildetem Holzkörper stand mir nicht zur Verfügung. Das primäre Stadium zeigt 4—5 Xylemanfänge. 2 Typen von primären Wurzeln: 1. lange dicke, spärlich verzweigte Wurzeln mit 12—15 schichtiger Rinde und spät geschlossenem Holzkörper und 2. dünne reichlicher verzweigte Wurzeln mit nur 8 Rindenschichten und früh zentral geschlossenem Holzkörper. Primäres Stadium bleibt lange erhalten. Bei den dünnsten Wurzeln führen alle Rindenzellen, bei den dickeren die äußeren 3—4 Rindenschichten braunen Inhalt. Dieser wird mit KOH rötlich-braun, mit Eisenchlorid fast schwarz. Bei den dickeren Wurzeln sind die Membranen der äußeren 3 bis 4 Zellschichten dunkel gefärbt. Die dritte äußere Rindenschicht ist als Hypodermis entwickelt.

Gattung Mauria.

Mauria simplicifolia.

An den primären Wurzeln viel Wurzelhaare. Epidermis kleinzellig. Hypodermis 1 schichtig; gleichförmige große, im Querschnitt quadratische Zellen. Primäre Rinde 3—4 schichtig; Zellgröße die gleiche wie die der Hypodermis. Endodermis hat kleine kubische Zellen, im Querschnitt etwa so groß wie die Epidermiszellen. 3 Xylemanfänge, früh zentral geschlossen. Primäre Rinde mit bräunlichem Inhalt; sie versintert und bleibt dann lange als Schutz auf der sekundären Wurzel liegen.

Grundmaße des sekundären Wurzelholzes sind englumige Holzfasern mit einfacher Tüpfelung. Gekammerte Holzfasern vereinzelt. Gefäße klein, spärlich, zerstreut, mit einfachen breiten Tüpfeln; kleine Thyllen sind häufig. Mark-

strahlen 1—2 reihig, im Querschnitt meist durch viele Reihen Holzprosenchym getrennt. In der sekundären Rinde viele Gruppen von Bastfasern, fast zum Ring geschlossen. Sehr viel Einzelkristalle. Phelloderm sehr regelmäßige Zellen. Kork großzellig.

Fam. Aquifoliaceae.

Untersucht wurden 9 Arten der Gattung Ilex.

Die letzten Wurzelauszweigungen sind bei den einzelnen Arten verschieden lang und in wechselnder Menge vorhanden.

Fast immer ist die Epidermis kleinzellig und dünnwandig. In der Regel wird sie früh abgestoßen oder versintert sehr bald (Ilex decidua, Ilex dahoon u. a.) und übernimmt in diesem Zustande den Schutz der jungen Wurzel, besonders wenn noch wie bei Ilex decidua vorher eine Verholzung ihrer Membranen eintritt.

Verschieden ist bei den einzelnen untersuchten Arten die Größe der Hypodermiszellen im Verhältnis zu der der anderen Wurzelelemente. Ilex balearica, Ilex decidua haben 1 schichtige, großzellige Hypodermen; Ilex dahoon läßt eine zweite Hypodermschicht erkennen, in der allerdings nur einige Zellen verkorkt sind. Auch sind bei dieser Art nicht alle Zellen der äußeren Schicht verkorkt. Meist sind die Zellen gleichförmig, polygonal oder tangential etwas gestreckt, seltener wie bei Ilex glabra radial gestreckt. Eine Verdickung des äußeren Tangentialwand findet sich bei Ilex balearica, schwache Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure zeigen die Hypodermzellen bei Ilex decidua.

Im allgemeinen ist die primäre Rinde nur wenigschichtig, von rundlichen oder polygonalen Zellen zusammengesetzt. Diese sind bei den einzelnen Arten von verschiedener Größe. Bei Ilex scotica sind sie alle gleichförmig, oft aber sind die Zellen der mittleren (Ilex laevigata) oder die der äußersten Rindenschicht (Ilex balearica) größer als die übrigen. Bei Ilex prunifolia und Ilex microcarpa finden

sich in der primären Rinde in den inneren Schichten einige Zellen mit verdickter und verholzter Membran. Stets ist die Endodermis kleinzelliger als das Rindengebilde und immer 1 schichtig ausgebildet. Die Zahl der Xylemanfänge beträgt meist 2—4. Heterorhizie fand ich bei Ilex aquifolium scotica und Ilex microcarpa.

Die Grundmasse des sekundären Holzkörpers besteht aus Holzprosenchym, in dem die Gefäße zerstreut (Ilex dahoon) oder vorwiegend in radialen Reihen angeordnet liegen (Ilex laevigata, Ilex prunifolia u. a.).

Die Gefäße sind durch reichspangige leiterförmige Durchbrechung der Querwände ausgezeichnet. Oft sind sie, wie auch die Tracheiden, mit spiraligen Verdickungsleisten versehen. Sowohl die Gefäße als auch die Tracheiden und das Holzprosenchym sind allgemein mit Hoftüpfeln versehen. Die Reichlichkeit der Tüpfelung ist bei den einzelnen Arten sehr verschieden. Das Holzprosenchym ist sehr reichlich entwickelt und setzt sich aus langen, in der Regel englumigen, dickwandigen Holzfasern zusammen, die bei allen untersuchten Arten typisch in radialen Reihen angeordnet sind. In Begleitung der Gefäße und auch sonst im Prosenchym zerstreut findet sich weitlumiges Parenchym (meist nur spärlich entwickelt) mit einfacher Tüpfelung.

Die Markstrahlen sind 1—4 reihig, großzellig und bei manchen Arten sehr zahlreich (z. B. Ilex decidua).

In der sekundären Rinde finden sich keine Bastfasern, wohl aber bei verschiedenen Arten Steinzellen. Bei Ilex dahoon und Ilex decidua fand ich keinerlei sklerenchymatische Elemente in der sekundären Rinde; bei Ilex aquifolium scotica, Ilex prunifolia und Ilex laevigata stellte ich weitlumige sklerotisierte Zellen von verschiedener Form fest, nie aber lange Fasern; bei Ilex microcarpa finden sich diese verholzten Zellen reichlich in Gruppen, aber nicht zu einem kontinuierlichen Ring geschlossen, während bei Ilex balearica und Ilex glabra solche Gruppen zusammen mit typischen kaum ein Lumen zeigenden Steinzellen zu einem

Ring vereinigt sind. Kristalle von oxalsaurem Kalk fand ich bei der Mehrzahl der Arten nicht oder, wenn sie vorkamen, nur vereinzelt in den äußeren Rindenschichten. Kleine Drusen stellte ich bei Ilex microcarpa und bei Ilex balearica (hier neben sehr großen Einzelkristallen) fest.

Neben Stärke speichert die sekundäre Rinde Öl.

Der Kork ist allgemein vielschichtig und besteht aus großen plattenförmigen dickwandigen Zellen.

1. Ilex aquifolium. L.

Epidermis kleinzellig, gleichförmig; wird früh abgestoßen. Hypodermis etwas großzelliger, 1 schichtig, gleichförmig. Primäre Rinde 5 schichtig; die zweite Schicht außerhalb der Endodermis am großzelligsten. Endodermis mit gleichförmigen kubischen Zellen. 3—4 Xylemanfänge. Gefäße mit leiterförmiger Durchbrechung und spiraliger Verdickung; nicht sehr zahlreich, zerstreut angeordnet. Tracheiden ebenfalls mit Spiralverdickung. Holzprosenchym dickwandig, zeigt radiale Anordnung. Markstrahlen sehr zahlreich, 1—4reihig; Zellen im Querschnitt quadratrisch oder radiär gestreckt. Sekundäre Rinde besteht aus rundlichen gleichförmigen dickwandigen Zellen. Sehr viel Stärke; Einzelkristalle spärlich. Kork mehrschichtig; plattenförmige große Zellen.

2. Ilex aquifolium scotica.

Wurzelhaare sehr spärlich, Epidermis versintert früh. Hypodermis 1 schichtig; Hypodermzellen von gleicher Größe wie die Epidermiszellen. Rindenzellen mit gelbgrünen Inhaltsstoffen, Hypodermis frei davon. Endodermis gleichförmig mit rundlichen Zellen, früh verkorkt. 3 Xylemanfänge. Gefäße zerstreut, nicht sehr häufig; Lumen so weit wie das der kubischen Markstrahlzellen. Leiterförmige Durchbrechung und Spiralverdickung der Gefäße. Thyllen mit Stärke. Grundgewebe bilden enge hofgetüpfelte Fasern. Daneben kommen weitlumigere vor. Holzparenchym in Begleitung der Gefäße. Markstrahlen 1—4 reihig; Markstrahlzellen liegend, stehend oder fast kubisch. Holzpros-

enchym in radiären Reihen angeordnet. Sekundäre Rinde gleichförmig; große Zellen; keine Kristalle. In der sekundären Rinde vereinzelte dickwandige Sklereiden mit weitem Lumen, sowohl radiär als auch tangential gestreckt. Kork mehrschichtig.

3. Ilex balearica.

Wurzelhaare spärlich. Epidermis kleinzellig, früh abgestoßen. Hypodermiszellen etwa doppelt so groß wie die Epidermiszellen, rundlich, nicht alle gleich groß. Äußere Tangentialmembran wenig verdickt. Rinde 5 schichtig; äußerste Schicht am großzelligsten; Zellgröße dieser Schicht wie die der Hypodermis. Endodermis 1 schichtig, besteht aus dünnwandigen, etwas tangential gestreckten kleinen Zellen. 2—3 Xylemanfänge, früh zentral geschlossen. Die Elemente des sekundären Holzkörpers nicht dickwandig. Gefäße zahlreich, hauptsächlich in radialer Anordnung, mit leiterförmiger Gefäßdurchbrechung (dicke Sprossen und weite Zwischenräume). Tracheiden vornehmlich mit runden Hoftüpfeln, an den beiden Enden schmale elliptische, mit der Längsachse vertikal gestellte Tüpfel, die den Eindruck einer leiterförmigen Gefäßdurchbrechung erwecken. Daneben hofgetüpfelte lange spitze Fasern (mit z. T. recht weitem Lumen) und einfach getüpfelte Holzfasern. Markstrahlen 1—4 reihig, im Tangentialschnitt z. T. recht hoch, sehr oft aber kurz und gedrungen. Die sekundäre Rinde zeigt im Querschnitt kleine, im Längsschnitt lange rechteckige Zellen. Der Sklerenchymring in der sekundären Rinde besteht aus 1. rundlichen Zellen mit schwächer oder stärker verdickter Wandung und 2. mehr oder weniger länglich gestreckten Zellen mit stark verdickter Wand. Sklerenchymfasern fehlen. Große rhombische Einzelkristalle finden sich in Begleitung der Sklerenchymzellen; kleine Drusen selten.

4. Ilex dahoon.

Letzte Wurzelauszweigungen sehr fein. Epidermis kleinzellig, dünnwandig; versintert sehr früh. Hypodermis groß-

zelliger, gleichförmig, 1 schichtig, doch auch einzelne Zellen der unter ihr liegenden Rindenschicht verkorkt. Primäre Rinde 3—4 schichtig, sehr lange erhalten. Elemente des sekundären Holzkörpers dünnwandig und weitlumig. Gefäße im Querschnitt ganz unregelmäßig angeordnet; ihre Wandungen mit dünner Spiralverdickung. Holzprosenchym in radialen Reihen. Markstrahlen 1—3 reihig. Zellen der sekundären Rinde groß, dickwandig. Einzelkristalle von oxalsaurem Kalk finden sich spärlich. Kork mehrschichtig, großzellig.

5. Ilex decidua.

Das primäre Stadium bleibt lange erhalten. Epidermis gleichförmig, kleinzellig. Hypodermis großzelliger als die Epidermis. Rinde 3 schichtig, besteht aus gleichförmigen, polygonalen Zellen, speichert Stärke. Sowohl die Wände der Epidermis als auch die der Hypodermis und der oberen Rindenschichten geben eine Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure. Endodermis kleinzelliger als die Rinde. 2 Xylemanfänge, früh zentral geschlossen. Elemente des sekundären Holzes weitlumig. Gefäße zahlreich, in radialen Reihen angeordnet. Spiralverdickung der Gefäße und Tracheiden beobachtet. Hofgetüpfelte Fasern, die sich an den Enden gabeln, wiederholt festgestellt. Viel langgestreckte Holzparenchymzellen mit großkörniger Stärke. Markstrahlen sehr zahlreich, 1—4 reihig. Inder sekundären Rinde keinerlei sklerenchymatische Elemente oder Kristalle festgestellt. Kork mehrschichtig, großzellig.

6. Ilex glabra.

Heterorhizie. Neben reichverzweigten Wurzelsystemen mit nur 3 und 4 Xylemanfängen finden sich langgestreckte dicke Bereicherungswurzeln mit spärlicher Verzweigung; diese mit 7 Xylemanfängen und 15—20schichtiger Rinde, jene mit wenigschichtiger Rinde. — Epidermis kleinzellig. Hypodermis großzelliger; radial etwas gestreckte Zellen, etwa 3mal so tief wie die Epidermiszellen. Rinde besteht

aus rundlichen Zellen mit vielen Interzellularen; mittlere Schicht am großzelligsten; die innerste Schicht hat dieselbe Zellgröße wie die kleinzellige Edodermis. Bei den Bereichungswurzeln finden sich in der dritten Rindenschicht über der Endodermis einzelne große Zellen mit verholzten Wänden. Elemente des sekundären Holzes weitlumig, in radialen Reihen angeordnet. Sehr große Gefäße, in radialen Reihen; oft einander berührend. Gefäßdurchbrechung leiterförmig. Lange Parenchymzellen in Begleitung der Gefäße. Gefäße mit Hoftüpfeln; Parenchymzellen mit einfachen Tüpfeln; Holzfasern hofgetüpfelt. Markstrahlen 1—3reihig, meist die Gefäße an beiden Radialwänden berührend. Sekundäre Rinde großzellig mit geschlossenem Sklerenchymring, bestehend aus Gruppen von weitlumigen längs oder tangential etwas gestreckten Sklereiden und kleinen Steinzellen; letztere fast ohne Lumen. Dazwischen Zellen mit verholzter Wandung von gleicher Form wie die Rindenzellen mit einzelnen rhombischen Kristallen. In den inneren Rindenschichten auch noch Gruppen von Steinzellen. Kork vielschichtig; große tangential abgeplattete Zellen; äußere Schichten mit braunem Inhalt.

7. Ilex laevigata.

Epidermis und Hypodermis etwa von gleicher Zellgröße. Rinde 4schichtig, mittelste Schicht am großzelligsten. Die Wände der Hypodermis geben eine Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure. 2 Xylemanfänge. Sekundärer Holzkörper mit weitlumigen Elementen. Gefäße groß, radial angeordnet. Hofgetüpfelte spitze Fasern und lange stumpfe einfach getüpfelte Fasern. Letztere mit viel Stärke. Markstrahlen großzellig, 1—3reihig. Sekundäre Rinde durch Gruppen sklerenchymatischer Elemente in Außen- und Innenrinde geteilt. Verschiedene Form der Sklerenchymzellen: dickwandige tangential oder längs gestreckte Zellen mit weitem Lumen, runde Steinzellen und kurze (vereinzelt auch längere) Fasern mit verschwindendem Lumen. Rinden-

zellen innerhalb des Ringes kleiner als die außerhalb; diese isodiametrisch, jene längs gestreckt.

8. Ilex microcarpa.

Heterorhizie. Saugwurzeln mit 4 Xylemanfängen und 6 Rindenschichten, Bereicherungswurzeln mit 6 Xylemanfängen und 16 Rindenschichten. Bei den Bereicherungswurzeln: Epidermis kleinzellig. Hypodermiszellen doppelt so breit wie die Epidermiszellen, 5eckig. Rindenzellen rundlich; äußerste Schicht kleinzellig, mittlere Schicht großzellig mit einzelnen kleineren Zellen. Zellen der inneren Schichten flach; hier einzelne größere Zellen mit verholzten Wänden. Endodermis mit kleinen regelmäßigen polygonalen Zellen. Bei den Saugwurzeln alle Elemente mit Ausnahme der Epidermis kleinzelliger als die der Bereicherungswurzel. Rindenzellen polygonal. Im sekundären Holzkörper findet sich das hofgetüpfelte Prosenchym in radialen Reihen. Gefäße dazwischen zerstreut, einzeln oder auch in Gruppen zu 2 und 3. Einfach getüpfelte stumpfe Holzfasern bedeutend kürzer als die hofgetüpfelten. Markstrahlen 1—4reihig. In der sekundären Rinde Sklerenchymzellen mit weitem Lumen, tangential oder längs gestreckt, nicht zum kontinuierlichen Ringe geschlossen. Kristalldrusen spärlich.

9. Ilex prunifolia.

Primäres Stadium bleibt lange erhalten. Epidermis gleichförmig, kleinzellig. Hypodermis einschichtig; kleine sechseckige Zellen. Primäre Rinde 4—6schichtig; im späteren Stadium einzelne Zellen der mittleren Schichten mit verdickten Wandungen. 3—4 Xylemanfänge. Das sekundäre Holz erscheint durch die breiten Markstrahlen im Querschnitt strahlig. Grundmasse des Holzes von englumigem Prosenchym mit spärlicher Hoftüpfelung gebildet. Gefäße nicht zahlreich, mit spiraliger Wandverdickung, in radialer Anordnung. Lange parenchymatische Holzzellen nur in der Nachbarschaft der Gefäße. Markstrahlen 1—4schichtig;

große radial gestreckte Zellen. Sekundäre Rinde dünn; große gleichgestaltete Zellen; keine Kristalle. Längsgestreckte Sklerenchymzellen mit weitem Lumen, einzeln oder in Gruppen in der sekundären Rinde. Kork vielschichtig. Stärke im Holz und in der Rinde sehr großkörnig.

Fam. Celastraceae.

Für eine Reihe von Celastraceen ist das Vorkommen eigenartiger Sekretschläuche im Phloem charakteristisch. Der Inhalt dieser Sekretschläuche ist kautschukartig und läßt sich beim Durchbrechen der Pflanzenteile in mehr oder minder lange Fäden ausziehen. Zuerst beobachtet wurden diese Schläuche von Radlkofer im Bast der Achsen bei Wimmeria. Solche Sekretschläuche fand ich bei folgenden Arten: Evonymus atropurpurea, Ev. Maacki, Ev. alata, Ev. Hamiltoniana, Ev. occidentalis, Ev. latifolia, Ev. Bungeana, Ev. verrucosa, Ev. Sieboldiana, Ev. japonica, Ev. angustifolia, Ev. europaea. Auffällig ist bei diesen Spezies der gänzliche Mangel von Bastfasern oder Steinzellen im Bastteil der Wurzeln. Die genannten Sekretschläuche sind sehr dünnwandig und von geringem Lumen. Querwände habe ich nirgends feststellen können. Den Inhalt bildet eine zähe, gelbliche, das Licht nicht doppelt brechende Masse, die feinkörnig erscheint. Beim Färben mit Sudan III wird sie intensiv rot und quillt aus den angeschnittenen Schläuchen in einzelnen Körnchen heraus. Für die den Celastraceen nahe verwandten Gattungen Hippocreta und Salacia, wo ebenfalls solche Schläuche beobachtet wurden, nimmt Fritsch auf Grund der Untersuchung des Embryos an, daß diese Sekretschläuche den ungegliederten Milchsaftröhren entsprechen. Anastomosen oder Verzweigungen der Schläuche, wie sie bei typischen Milchröhren vorhanden sind, habe ich bei keiner Art beobachtet, wohl aber an manchen Schläuchen höckerförmige Ausbuchtungen der Wandung, die mit entsprechenden Hervorwölbungen eines dicht daneben liegenden Schlauches in Verbindung zu stehen

scheinen. Diese Schläuche finden sich bereits in dem allerjüngsten Stadium der Wurzel.

Sowohl im Bau des Holzkörpers als auch der Rinde weisen die Wurzeln der Celastraceen mannigfache Verschiedenheiten auf. Gemeinsam ist allen von mir untersuchten Arten das Vorkommen nur einfacher Gefäßdurchbrechung und vorwiegender Hoftüpfelung der Gefäße, sowie das Auftreten von meist weitlumigem einfach getüpfeltem als auch englumigem, hofgetüpfeltem Prosenchym. Holzparenchym ist überall nur spärlich entwickelt.

Gattung Evonymus.

Bei den Evonymusarten stehen die letzten Wurzelauszweigungen sehr dicht und sind durch eine helle Färbung ausgezeichnet. Die bei allen Spezies 1 schichtige Epidermis ist meist von langen spärlichen Wurzelhaaren bedeckt und zeigt mannigfache Verschiedenheiten im Bau ihrer Zellen. Im Verhältnis zum übrigen Gewebe ist sie kleinzellig bei Ev. verrucosa, Ev. europaea, Ev. Hamiltoniana, Ev. nana, während sie bei Ev. Sieboldiana und Ev. latifolia aus größeren Zellen besteht. Meist sind die Zellen gleichartig und im Querschnitt von regelmäßig polygonaler (Ev. japonica, Ev. Bungeana) oder etwas tangential gestreckter Form (Ev. latifolia, Ev. Maacki, Ev. Hamiltoniana). Verdickte äußere Tangentialwandungen finden sich bei Ev. japonica, Ev. latifolia und Ev. atropurpurea. Reaktionen mit Sudan III geben die Wandungen bei Ev. Hamiltoniana, Ev. atropurpurea, eine Reaktion mit Phloroglucin + Salzsäure außerdem noch die sehr kleinen Epidermiszellen bei Ev. europaea.

Die Hypodermis ist im allgemeinen 1 schichtig, doch finden sich bei Ev. europaea, Ev. nana und Ev. atropurpurea auch noch Zellen der unter der eigentlichen Hypodermis liegenden Schicht verkorkt, und die Hypodermis selbst läßt eine große Anzahl ihrer Zellen unverkorkt. Auch hier treffen wir wie bei der Epidermis die verschiedensten Zellformen an. Die Zellen sind bei den einzelnen Arten gleich-

artig, meist polygonal mit scharfen Ecken, bei Ev. japonica und Ev. nana sind sie isodiametrisch; tangential gestreckt z. B. bei Ev. Sieboldiana, während sie bei Ev. Bungeana, Ev. europaea, Ev. occidentalis und Ev. alata radial sehr gestreckt sind. Ihr Größenverhältnis zu den Epidermis- und Rindenzellen ist bei den einzelnen Arten verschieden. In der Regel ist der tangentiale Durchmesser nur wenig größer als der der Epidermzellen, nur bei Ev. alata und Ev. Maacki sind die Hypodermzellen doppelt so breit wie die Epidermzellen. Von den Rindenzellen heben sie sich bei Ev. atropurpurea, Ev. latifolia, Ev. angustifolia u. a. in Form und Größe kaum ab, bei Ev. verucosa dagegen sind sie größer als die Rindenzellen.

Die primäre Rinde ist nur wenigschichtig und besteht bei Ev. atropurpurea aus ganz gleichförmigen Zellen, während sonst die mittleren Schichten in der Regel großzelliger sind. Bei Ev. occidentalis findet sich in den Zellen der obersten Rindenschicht ein Verdickungsring von beträchtlicher Stärke, der parallel zu der Wurzeloberfläche angelegt ist.

Von schwankender Form und Größe sind bei den einzelnen Arten auch die Endodermiszellen. Große Zellen finden wir bei Ev. verucosa, Ev. japonica, Ev. europaea, kleine bei Ev. latifolia, Ev. occidentalis u. a. Meist sind sie tangential etwas gestreckt, so bei Ev. europaea, Ev. occidentalis, Ev. alata u. a.; von verschiedener Gestalt und Größe sind sie bei Ev. atropurpurea und Ev. Bungeana.

In der Regel werden 2 Xyleme angelegt. Die schon erwähnten Sekretschläuche finden sich im primären Phloem bei einer ganzen Reihe von Arten, bei Ev. verucosa und Ev. Bungeana lassen sie sich dicht hinter der Wurzelspitze schon erkennen; bei Ev. occidentalis treffen wir sie nur ganz vereinzelt.

Kristalldrusen in der primären Rinde beobachtete ich nur bei Ev. verucosa, Stärke bei Ev. japonica. Oft führen die Rindenzellen gelbe oder braune Inhalte; die Hypodermzellen scheinen jedoch stets davon frei zu sein.

Sekundäres Stadium: Bei einer Reihe von Arten findet sich Spiralverdickung der Gefäßwandungen, so bei Ev. japonica, Ev. europaea (hier auch bei Tracheiden), Ev. latifolia, Ev. occidentalis, Ev. Hamiltoniana, Ev. alata, Ev. Maacki, Ev. atropurpurea, was mit den Angaben Solereders über das Sproßholz einiger dieser Arten übereinstimmt. Vielfach liegen die Gefäße zerstreut im Xylem, oft stehen sie in Gruppen zu 2—3 zusammen oder sind in konzentrischen Ringen angeordnet. Die Reichlichkeit ist bei den einzelnen Arten verschieden.

Sowohl dünnwandige, stumpf endigende Holzfasern als auch dickwandige mit kleinerem Lumen und spitzen Enden kommen vor, diese meist mit gehöfter Tüpfelung, jene mit einfacher. So finden sich die einfach getüpfelten Fasern reichlich bei Ev. Sieboldiana, Ev. angustifolia, Ev. europaea; überwiegend sind sie bei Ev. alata und Ev. atropurpurea, während sie bei Ev. nana sehr zurücktreten. Gefächerte Holzfasern stellte ich bei Ev. japonicus und Ev. occidentalis fest, bei letzterer Art allerdings nur selten. Bei allen Arten finden sich auch hofgetüpfelte Fasern, die besonders bei Ev. nana sehr englumig und zahlreich sind.

Das Holzparenchym tritt allgemein nur spärlich auf und scheint bei Ev. japonica, wo gefächerte Holzfasern in reichlicher Menge vorkommen, ganz zu fehlen; reichlich finden wir es bei Ev. alata, während es sonst nur in Begleitung der Gefäße vorkommt.

Auffällig bei Evonymus ist die Ausbildung nur schmaler Markstrahlen, die gewöhnlich 1 reihig und nur bei hohen Markstrahlen auf halber Höhe 2 reihig sind. Bei einzelnen Arten können sie sehr hoch sein; so zählte ich bei Ev. japonica 65 übereinander stehende Markstrahlzellen.

Die äußeren Schichten der sekundären Rinde sind von rundlichen, zuweilen tangential gestreckten Zellen gebildet, die reichlich Stärke führen. Die inneren Schichten sind kleinzelliger und bei den schon oben erwähnten Arten mit Sekretschläuchen durchsetzt. Bastfasern oder Steinzellen

getüpfelte als auch hofgetüpfelte. Tracheiden mit Spiralverdickung. Markstrahlen 1—2reihig, Markstrahlzellen groß. Sekundäre Rinde im Verhältnis zum Holzkörper dick; innere Schichten kleinzellig, äußere mit größeren tangential gestreckten Zellen. In den äußeren Zellen einzelne sehr große Kristalldrusen. Sekretschläuche spärlich in den inneren Schichten. Kork wenigschichtig; kubische und platte Zellen. Im Holz und in den äußeren Rindenschichten reichlich Stärke.

3. Evonymus atropurpurea.

Epidermis großzellig; Außenwandung verdickt, gibt Rotbraunfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure und Rotfärbung mit Sudan III. Hypodermis 1schichtig, großzelliger als die Epidermis; nicht alle Zellen verkorkt. Form der Zellen von der der Rindenzellen nicht unterschieden. Primäre Rinde 7schichtig, großzellig, gleichförmig. Zellen der mittleren Schicht am größten. Endodermis mit Zellen verschiedener Größe. 2 Xylemanfänge. Gefäße im sekundären Holzkörper nicht zahlreich. Stärkeführende einfach getüpfelte Fasern bilden die Grundmasse des Holzes. Daneben hofgetüpfelte Fasern und Tracheiden. Markstrahlen 1reihig. Sekundäre Rinde nicht dick, vereinzelte Sekretschläuche. Keine Kristalle. Kork mehrschichtig; platte Zellen.

4. Evonymus Bungeana.

Epidermis gleichförmig; kleine, fast kubische Zellen. Äußere Tangentialwand verdickt. Hypodermis 1schichtig; ihre Zellen radial gestreckt, 5—6eckig. Rinde 5—6schichtig, gleichförmig. Endodermis mit Zellen verschiedener Größe. 2 Xylemanfänge. Im sekundären Holzkörper zahlreiche weitlumige Gefäße mit spiraliger Verdickung. Hofgetüpfelte Holzfasern reichlich. Daneben einfach getüpfelte und gefächerte Holzfasern. Markstrahlen 1reihig, nicht zahlreich. In der sekundären Rinde zahlreiche Sekretschläuche. Kristalle spärlich in den äußeren Schichten. Rindenparenchym besteht aus rundlichen oder tangential gestreckten Zellen. Kork vielschichtig; große tangential abgeplattete Zellen.

5. Evonymus europaea.

Epidermiszellen klein, mit stark verdickter äußerer Tangentialwandung; diese gibt Reaktionen mit Phloroglucin + Salzsäure und Sudan III. Wurzelhaare spärlich; ihre Membranen geben nicht die obigen Reaktionen der Epidermis. Hypodermis 1schichtig, mit radial gestreckten 5 oder 6eckigen Zellen; mitunter auch einige Zellen der oberen Rindenschicht verkorkt. Rinde 5—7schichtig; gleichförmige Zellen, z. T. mit bräunlichem Inhalt. Endodermis großzellig mit tangential gestreckten Zellen. 2 Xylemanfänge. Im sekundären Holzkörper Gefäße zahlreich. Gefäße und Tracheiden mit Spiralverdickung und Hoftüpfeln. Holzfasern mit 1facher Tüpfelung vorherrschend. Markstrahlen 1-, selten 2reihig. Sekundäre Rinde besteht aus sehr ungleich großen Zellen. Sekretschläuche besonders in den inneren Schichten. Kristalldrusen spärlich. Keine Bastfasern. Kork vielschichtig mit kubischen oder tangential gestreckten Zellen. Korkrindenzellen deutlich erkennbar.

6. Evonymus Hamiltoniana.

Epidermis mit kleinen platten Zellen; diese geben Reaktion mit Sudan III. Hypodermis großzellig, 1schichtig. Rinde 4schichtig; mittlere Schichten großzelliger als die übrigen. Endodermis mit kleinen tangential gestreckten Zellen. 2 Xylemanfänge. Gefäße im sekundären Holzkörper zahlreich mit spiraliger Verdickung. Thyllen vorhanden. Hofgetüpfelte und einfach getüpfelte Holzfasern; letztere besonders reichlich vorhanden. Im inneren Teil der sekundären Rinde viel Sekretschläuche. Form der Rindenzellen sehr verschieden. In den äußeren Schichten viele große Kristalldrusen zerstreut.

7. Evonymus japonica. L.

Epidermis gleichförmig; große, kubische Zellen. Äußere Wandung stark verdickt. Hypodermis großzellig. Rinde 5schichtig, speichert Stärke. Endodermis großzellig. 2 Xylem-

anfänge, schließen sich sehr früh zentral zusammen. Gefäße im sekundären Holzkörper spärlich, mit spiraligen Verdickungen. Hofgetüpfelte Holzfasern spärlich. Gefächerte Holzfasern nicht spärlich. Sekundäre Rinde im Verhältnis zum Holzkörper dick; Zellen der inneren Schichten kubisch, der äußeren Schichten rundlich, tangential gestreckt. In den inneren Schichten Sekretschläuche. Einzelkristalle in den Außenschichten häufig, in den Innenschichten spärlich. Sehr viel Stärke, große zusammengesetzte Körner. Keine Bastfasern. Kork wenigschichtig; platte Zellen.

8. Evonymus latifolia.

Epidermis 1schichtig; Zellen groß, tangential gestreckt; äußere Tangentialmembran verdickt. Hypodermis hebt sich durch Form und Größe kaum von dem übrigen Rindengewebe ab. Rindenzellen mit gelbbräunlichen Inhalt, Hypodermis frei davon. Primäre Rinde 6—7schichtig, in ihr einzelne Kristalldrusen. Endodermis kleinzellig. 2 Xylemanfänge. Im sekundären Holzkörper Gefäße zahlreich oft in Gruppen zu 2—3 zusammen, begleitet von Holzparenchym; einfach getüpfelte Fasern mit weitem Lumen. Hofgetüpfelte lange Tracheiden vorhanden. Markstrahlen zehr zahlreich, im Querschnitt die Gefäße oft an beiden Seiten berührend. In der sekundären Rinde keine Bastfasern oder Sklereiden. Die äußeren Rindenschichten großzelliger als die inneren, meist tangential gestreckte Zellen. Sekretschläuche vorhanden. Krystalldrusen z. T. beträchtlich groß. Meist in langen Kristallkammerzellen angeordnet, jede Druse 1 Fach füllend, oft bis 40 untereinander. Kork wenigschichtig; plattförmige kleine Zellen.

9. Evonymus Maacki. Rup.

Epidermis sehr flachzellig; Hypodermis gleichförmig; 5-eckige Zellen. Rinde 6—8schichtig; kugelige, etwas abgeplattete Zellen; mittlere Schichten am großzelligsten. Endodermis 1schichtig; Zellen ebenso groß wie die der

inneren Rindenschichten. 2 Xylemanfänge. Die Wurzeln mit größerer Zahl der Rindenschichten legen die Xylemanfänge bedeutend später an als die anderen.

Gefäße im sekundären Holzkörper zahlreich, mit spiraliger Verdickung und mit Hoftüpfelung. Kurze, stumpfe, 1fach getüpfelte Holzfasern mit viel Stärke überwiegen gegenüber den hofgetüpfelten langen spitzen Fasern. In der sekundären Rinde in den äußeren Schichten Kristalldrusen zerstreut; in den inneren Schichten sehr zahlreiche Sekretschläuche. Kork vielschichtig.

10. Evonymus nana. Bieb.

Epidermis gleichförmig; kleine, im Querschnitt quadratische Zellen. Hypodermis 1schichtig; zuweilen auch Zellen einer zweiten Schicht verkorkt; große, isodiametrische Zellen. Rinde 4—5schichtig. Zellgröße der der Hypodermis gleich. Endodermis 1schichtig, früh geschlossen, mit kleinen, tangential gestreckten Zellen. 2 Xylemanfänge, früh zentral geschlossen. Gefäße im zentralen Holzkörper spärlich, von kleinem Lumen. Hofgetüpfelte Fasern sehr zahlreich; 1fach getüpfelte, stumpfe Fasern selten. Alle Elemente das Holzes englumig. Markstrahlen 1reihig, sehr zahlreich wie bei Ev. Sieboldiana. In der sekundären Rinde keine Sekretschläuche, Kristalldrusen groß, spärlich. Rindenparenchymzellen groß, rundlich. Kork mehrschichtig; platte Zellen.

11. Evonymus occidentalis.

Epidermis großzellig; äußere Tangentialwand der einzelnen Zellen verdickt, gibt Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure. Wurzelhaare lang, spärlich. Hypodermis mit 5- und 6eckigen radial gestreckten Zellen. Diese sind so breit wie die Epidermiszellen, aber doppelt so tief. Die unter der Hypodermis liegende Rindenschicht hat die gleiche Zellgröße wie die Epidermis. Ihre Zellen sind mit einem Verdickungsring parallel zur Wurzeloberfläche versehen. Darunter liegendes Rindengewebe 4—5schichtig, großzelliger

als eben genannte Zellschicht. Endodermis 1 schichtig, mit kleinen, platten Zellen. 2 Xylemanfänge, früh zentral geschlossen. Gefäße im sekundären Holzkörper nicht sehr zahlreich, in ringförmiger Anordnung. Hofgetüpfelte Holzfasern reichlich; gefächerte Holzfasern mit einfachen Tüpfeln nicht häufig. Markstrahlen 1—2reihig, oft recht hoch (bis 35 Zellen), zahlreich; die einzelnen Strahlen im Querschnitt durch 3—8 Reihen dickwandiger Holzfasern getrennt. In der sekundären Rinde keine Kristalle. Sekretschläuche nicht so zahlreich wie bei Ev. Maacki und Ev. alata. Rindenparenchymzellen von verschiedener Form; innere Rindenschichten aus rundlichen Zellen gebildet, äußere aus mehr tangential gestreckten Zellen. Kork wenigschichtig; kleine Zellen.

12. Evonymus Sieboldiana.

Epidermis großzellig, gleichförmig. Hypodermis mit tangential etwas gestreckten Zellen. Rinde 5—6schichtig, Zellgröße wie die der Hypodermis. 2 Xyleme, früh zentral geschlossen. Elemente des sekundärenHolzes nicht dickwandig. Gefäße zahlreich, in ringförmiger Anordnung. Spiralverdickung nicht beobachtet. Im Holzkörper stumpf endigende lange Fasern mit einfachen Tüpfeln und spitze hofgetüpfelte Fasern. Keine gefächerte Fasern beobachtet. Markstrahlen recht zahlreich, in der Regel 1reihig, selten 2 reihig, im Querschnitt meist nur durch 2 oder 3, selten bis 5, Reihen anderer Holzelemente getrennt. Die einzelnen Markstrahlzellen sind recht hoch, stehen aber nur zu 5—7, seltener zu 10—15 übereinander. Die sekundäre Rinde ist im Verhältnis zum Holzkörper dick. Phelloderm deutlich erkennbar. In den inneren Rindenschichten Sekretschläuche spärlich; in den äußeren Schichten einzelne dicke Kristalldrusen. Kork vielschichtig; großzellig.

13. Evonymus verrucosa.

Spärliche lange Wurzelhaare. Epidermis kleinzellig. Hypodermis großzellig. Rinde 6schichtig; Zellen kleiner

als die der Hypodermis. Die meisten Rindenzellen mit braunem Inhalt, Hypodermis frei davon. Zahlreiche Kristalldrusen in der primären Rinde. Endodermis großzellig, mit isodiametrischen Zellen. 2 Xylemanfänge. Im sekundären Stadium Gefäße zahlreich, nicht weitlumig. Einfach getüpfelte Holzfasern und gefächerte Holzfasern überwiegen gegenüber den hofgetüpfelten. Markstrahlen 1-, seltener 2- oder mehrreihig; bis 40 Zellen übereinander, meist weniger. In der sekundären Rinde finden sich reichlich Sekretschläuche. In den inneren Schichten viel Drusen in Kristallkammerzellen; auch in den äußeren Schichten viel Kristalldrusen zerstreut; diese größer als die der Kristallkammerzellen. Kork vielschichtig, großzellig.

Gattung Celastrus.

Untersucht wurden 4 Arten; Celastrus mollis, Celastrus buxifolia, Celastrus lucida und Celastrus pyracantha. Von den beiden letzteren lag kein älteres sekundäres Material vor.

Die Epidermis ist in der Regel 1schichtig, bei Celastrus mollis 3—4schichtig. Bei dieser Art zeigt die innerste Epidermisschicht eine starke Verdickung der äußeren Tangentialwand. Einen dichten Filz langer Wurzelhaare finden wir bei C. pyracantha. Unter der Epidermis liegt stets eine Hypodermis mit etwas größeren Zellen als die der erstgenannten Schicht. Ihre Zellen sind untereinander gleichförmig und im Querschnitt von polygonaler Gestalt, bei C. pyracantha und C. lucida nur eine Schicht bildend, bei C. mollis und C. buxifolia dagegen teilweise 2schichtig. Die primäre Rinde ist 3—5schichtig und wenig großzelliger als die Hypodermis. Im sekundären Holz finden sich Holzfasern mit einfacher, als auch mit gehöfter Tüpfelung. Beide Arten sind dickwandig und stehen bei C. mollis und C. buxifolia in tangentialen Bändern. Bei C. buxifolia finden wir in der sekundären Rinde einen geschlossenen Sklerenchymring, der sich aus dünnwandigen kubischen

und sehr dickwandigen tangential oder längsgestreckten Zellen zusammensetzt; bei C. mollis, wo wir dieselben sklerenchymatischen Elemente finden, sind diese nicht zum Ring geschlossen und bei C. pyracantha und C. lucida, von denen mir nur jüngeres sekundäres Material zur Verfügung stand, fanden sich in der sekundären Rinde zerstreut nur einzelne verholzte Parenchymzellen. Der Kork ist großzellig und dünnwandig.

1. Celastrus buxifolia.

Epidermis 1schichtig, gleichförmig. Wurzelhaare in kurzem Abstand hinter der Wurzelspitze sehr zahlreich. Hypodermiszellen im Querschnitt 5- und 6-eckig. Rinde 3—4 schichtig. Endodermiszellen von verschiedener Größe, im Querschnitt rundlich oder tangential sehr lang gestreckt. 2 Xylemanfänge, sehr früh zentral geschlossen. Gefäße im sekundären Holzkörper spärlich, aber zahlreicher als bei C. mollis, mit kleinem Lumen. Hofgetüpfelte Holzfasern selten, einfach getüpfelte überwiegend; beide Arten dickwandig. Im Querschnitt wechseln englumige und weitlumige Fasern in konzentrischen Ringen ab. Markstrahlen zahlreich, wenigreihig. Durch einen gemischten kontinuierlichen Sklerenchymring wird die sekundäre Rinde in eine Innenrinde mit dunkelbraunem Zellinhalt und wenigen Einzelkristallen und eine Außenrinde mit sehr viel rhombischen Einzelkristallen und Drusen geteilt. Die Elemente des dicken Sklerenchymringes sind dünnwandige, kubische und dickwandige tangential- oder längsgestreckte Sklerenchymzellen. Kork vielschichtig, dünnwandig.

2. Celastrus lucida.

Saugwurzeln mit 2—3, Bereicherungswurzeln mit 4—5 Xylemanfängen. In der primären Rinde finden sich Zellen mit braunem Inhalt. Die innersten Schichten der primären Rinde führen Stärke. Hypodermis und Endodermis der Bereicherungswurzeln verkorken erst spät. In vorge-

schrittenerem Stadium sind die Endodermiszellen mit braunem Inhalt gefüllt. Im primären Phloem differenzieren sich früh einige Zellen mit stärkerer Wand. Diese führen keinen Inhalt. — Älteres Material fehlte.

3. Celastrus mollis.

Epidermis im frühen Stadium mehrschichtig. Bei den Zellen der direkt der Hypodermis aufliegenden Schicht ist die äußere Tangentialwand stark verdickt und gibt ebenso wie die Hypodermis Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure. Hypodermis in der Regel 1schichtig; oft auch Zellen der darunter liegenden Schicht verkorkt; Zellen im Querschnitt fast quadratisch. Primäre Rinde 4—5 schichtig. Endodermis kleinzelliger als die Rinde; ihre Zellen tangential lang gestreckt, mit gelbbraunem Inhalt gefüllt. Sekundäres Wurzelxylem wie bei C. buxifolia. Die äußeren Schichten der sekundären Rinde bestehen aus gleichförmigen großen rundlichen, die inneren Schichten aus kleineren, längsgestreckten Zellen. Auf der Grenze beider finden sich dickwandige, englumige, meist etwas längsgestreckte Sklereiden, einzeln oder in kleinen Gruppen. In den äußeren Schichten zahlreiche Einzelkristalle von oxalsaurem Kalk, in den inneren Schichten Einzelkristalle spärlicher, nur in Kristallkammerzellen. Fettes Öl reichlich in der sekundären Rinde, oft viele Kugeln in einer Zelle. Kork vielschichtig, dünnwandig.

4. Celastrus pyracantha.

Die primäre Wurzel trägt einen dichten Filz langer Wurzelhaare. Rindenzellen mit gleichförmigem, gelbbraunem Inhalt erfüllt; die Hypodermis- und Endodermiszellen, nicht aber die Epidermiszellen, führen ebenfalls gelbbraunen Inhalt. 2—3 Xylemanfänge. In der sekundären Rinde runde und tangential- oder längsgestreckte weitlumige Sklereiden, zerstreut oder in kleinen Gruppen. — Älteres sekundäres Material fehlte.

Gattung Cassine.

Untersucht wurden Cassine capensis und Cassine Maurocenia.

Im sekundären Holzkörper sind die Gefäße zahlreich, kleinlumig und unregelmäßig verteilt. Die sekundäre Rinde ist wenigschichtig und enthält Gruppen von Sklerenchymzellen.

1. Cassine capensis.

Wurzelhaare spärlich. Epidermis 1schichtig; große stark verdickte, im Querschnitt quadratische Zellen mit braunen Inhaltsstoffen. Hypodermiszellen dünnwandig, 5eckig, wenig radial gestreckt. Primäre Rinde 5schichtig; ihre Zellen im Querschnitt polygonal; die der mittleren Schichten am größten. Endodermiszellen tangential gestreckt. Die Elemente des sekundären Holzkörpers sind verhältnismäßig kurz. Im Querschnitt wechseln eng- und weitlumige Fasern in konzentrischen Ringen. Gefäße zahlreich, nicht weitlumig, in keiner bestimmten Anordnung. Vereinzelt finden sich Thyllen. Grundmasse des Holzes bilden Holzfasern mit einfacher Tüpfelung. Holzfasern mit Hoftüpfeln spärlich, länger als die einfach getüpfelten. Markstrahlen 1—3reihig, sehr zahlreich; die einzelnen Strahlen im Querschnitt durch höchstens 3 Reihen anderer Elemente getrennt. In der sekundären Rinde finden sich Gruppen von Sklereiden, fast zum Ring geschlossen, z. T. dickwandig, in der Längsrichtung dann meist gestreckt, z. T. dünnwandig, in Form und Größe dann von den anderen Rindenzellen nicht verschieden. Einzelkristalle von oxalsaurem Kalk zahlreich in den äußeren Schichten der Rinde, kleine Drusen in Kristallkammerzellen in den inneren Schichten. Kork vielschichtig mit großen tangential abgeplatteten Zellen.

2. Cassine Maurocenia.

Epidermis nicht so stark verdickt wie bei Cassine capensis, gibt ebenso wie bei dieser Art schwache Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure. Hypodermis 1schichtig;

zuweilen auch Zellen der darunter liegenden Schicht verkorkt. Rinde großzellig, 4—6 schichtig; gleiche Zellgröße wie die der Hypodermis. In den Rindenzellen vereinzelt Kristalldrusen. Endodermis besteht aus kleinen, tangential gestreckten Zellen. Die Elemente des sekundären Holzes sind langzelliger als bei Cassine capensis. Markstrahlen zahlreich, 1—2 reihig. In der sekundären Rinde einige Gruppen von Sklerenchymzellen (Form wie bei Cassine capensis). Kork dünnwandig, vielschichtig, mit großen kubischen oder tangential abgeplatteten Zellen.

Gattung Maytenus.

Maytenus boaria.

Wurzelhaare zahlreich. Epidermis gleichförmig, zeigt keine Verdickung der äußeren Wandung. Hypodermiszellen in der Form von den Rindenzellen nicht verschieden. Rinde 8 schichtig; mittlere Schichten mit nur wenig größeren Zellen als die übrigen. Endodermis kleinzellig. Elemente des sekundären Holzes dünnwandig, meist weitlumig, wenig getüpfelt; Englumige Fasern spärlich, in ringförmiger Anordnung. Gefäße klein, spärlich, mit spiraliger Wandverdickung und Hoftüpfeln. Holzprosenchym sowohl einfach getüpfelt wie mit Hoftüpfeln versehen; gekammerte Fasern spärlich. Markstrahlen zahlreich, 1—3 reihig, mit großen radial gestreckten Zellen. Die sekundäre Rinde ist verhältnismäßig dünn und besteht aus großen tangential sehr gestreckten Zellen. In ihnen finden sich sowohl Einzelkristalle wie Drusen von oxalsaurem Kalk. Kork vielschichtig, mit tangential abgeplatteten Zellen.

Gattung Catha.

Catha edulis.

Die primären Wurzeln sind von sehr verschiedener Dicke und Länge. Das Dickenverhältnis zwischen Zentralzylinder und primärer Rinde ist bei allen das gleiche. Sämt-

lich weisen sie 2 Xylemanfänge auf, die bei den dünneren Wurzeln sich sehr früh zentral schließen, bei den dickeren lange isoliert bleiben. Die Zellgröße der primären Rinde ist bei allen die gleiche. — Wurzelhaare kurz, spärlich. Epidermiszellen mit schwach verdickter äußerer Tangentialwand. Hypodermiszellen ebenso groß wie die Rindenzellen. Letztere führen, besonders bei den dünneren Wurzeln, reichlich Gerbstoff. Die Elemente des sekundären Holzes sind weitlumig. Gefäße zahlreich, nicht deutlich in radialen Reihen angeordnet. Markstrahlen zahlreich, allgemein 1reihig; ihre Zellen sehr hoch. In der inneren sekundären Rinde finden sich sehr viel kleine Drusen von oxalsaurem Kalk in Kristallkammerzellen, in der äußeren Rinde einzelne Drusen. Der Kork ist vielschichtig und besteht aus kubischen und tangential abgeplatteten Zellen.

Gattung Elaeodendron.

Elaeodendron pubescens.

Epidermis im jungen Stadium mehrschichtig; ihre äußeren Schichten werden früh abgestoßen; es bleiben nur die Zellen der untersten Schicht mit stark verdickter äußerer Tangentialwand erhalten, die ebenso wie die Zellwände der Hypodermis eine schwache Rotfärbung mit Phloroglucin + Salzsäure zeigt. Hypodermis kleinzellig; sehr viel Zellen unverkorkt. Rinde 4schichtig; innere Zellen am größten; einzelne Zellen mit Kristalldrusen. Endodermiszellen klein, tangential gestreckt. Die Grundmasse des sekundären Holzes bilden englumige, dickwandige Holzfasern, sowohl einfach getüpfelt wie mit Hoftüpfeln versehen. Zwischen ihnen stehen die kleinen Gefäße in radialen Reihen. Leiterförmige Gefäßdurchbrechung, wie Solereder für einige Elaeodendron-Arten für die Gefäße im Sproß angibt, habe ich bei vorliegender Art in dem Wurzelxylem nicht feststellen können. Markstrahlen sehr zahlreich; ihre Zellen im Querschnitt breit; diese haben ein fast gleich großes Lumen wie die

Gefäße. In der sekundären Rinde befinden sich keinerlei sklerenchymatische Elemente, wohl aber sind die sämtlichen Parenchymzellen verhältnismäßig dickwandig. Die Parenchymzellen sind groß und führen meist große Kugeln von fettem Öl. Der Kork ist mehrschichtig und dünnwandig; die Zellen der inneren Schichten führen braune Inhalte.

Fam. Staphyleaceae.

Untersucht wurden 3 Arten: Staphylea pinnata, Staphylea trifoliata und Staphylea colchica.

Die letzten Wurzelauszweigungen sind spärlich, dabei dick und zumeist ziemlich lang. Viele der primären Wurzeln zeigen keinen kreisrunden Querschnitt; sie sind vielmehr dadurch, daß an einigen Stellen die Hypodermis und die äußersten Rindenschichten kleinzelliger sind, am Umfange verschiedentlich eingebuchtet.

Ektotrophe Mycorrhiza war niemals vorhanden, dagegen konnte ich bei St. colchica in den äußersten Schichten der primären Rinde endotrophe Mycorrhiza feststellen.

Wurzelhaare fehlen immer.

Die Epidermis wird sehr früh abgestoßen, so daß schon dicht hinter der Wurzelspitze eine die Rinde allseitig umschließende Epidermis nicht mehr vorhanden ist.

An ihre Stelle tritt die einschichtige großzellige Hypodermis. Die Zellen dieser Schicht sind, wie schon erwähnt, nicht gleichförmig, sondern bald kubisch, bald tangential verschmälert. Ihre Wandungen sind nicht verdickt; nur bei St. pinnata zeigten einige Zellen eine schwach verdickte Außenwand. Sämtliche Membranen geben mit Phloroglucin + Salzsäure eine schwache Rotfärbung.

Das Rindenparenchym ist vielschichtig und wenig großzelliger als die Hypodermis. Die Zellen der mittleren Schichten sind die größten, die der Endodermis anliegenden Schicht die kleinsten.

Die Endodermis selbst ist einschichtig und besteht aus kleinen, gleichförmigen und dünnwandigen Zellen, die im

jüngsten Stadium kubisch, später tangential gestrekt erscheinen. Sie schließt sich sehr früh und läßt im jungen Stadium nur einige Durchlaßzellen vor den Xylemanfängen unverkorkt.

Die primären Wurzeln zeigen in der Regel 3—4 Xylemanfänge, die Saugwurzeln von St. colchica nur 2. Nur bei dieser Art konnte ich Heterorhizie feststellen. Die dickeren Bereicherungswurzeln besitzen 4 Xylemanfänge, die sich erst spät zusammenschließen, während die kurzen dünneren Saugwurzeln 2 Xylemanfänge haben, die sich sehr früh zu einem zentralen Strang vereinigen. Entsprechend ist die Zahl der Rindenschichten bei den Bereicherungswurzeln 10—12, bei den Saugwurzeln 5—7.

Sekundäres Stadium: Solereder[1] schreibt über die Staphyleaceen u. a.: „Die Familie ist in anatomischer Hinsicht durch das Fehlen äußerer und innerer Drüsen, durch den Mangel des gemischten und kontinuierlichen Sklerenchymringes im Perizykel, an dessen Stelle nur isolierte primäre Bastfasergruppen vorhanden sind, und durch die Tendenz zur Bildung leiterförmiger Gefäßdurchbrechungen ausgezeichnet. Die exomorphen Tribescharaktere werden durch einen anatomischen wesentlich verstärkt: Bei den Staphyleaceen ist das Holzprosenchym mit typischer Hoftüpfelung versehen". Weiter gibt Solereder an: „Die Markstrahlen des Holzes sind in der Regel 4 Zellreihen breit. Die Gefäße besitzen einen mittelgroßen Durchmesser. – Die Gefäßdurchbrechungen sind leiterförmig und reichspangig. Bei Staphylea pinnata ist die Wand der Tüpfelgefäße mit einem locker gewundenen Spiralring versehen. Das Holzparenchym ist nicht hervorragend entwickelt".

Diese für das Holz des Sprosses gemachten Angaben finden auch zum Teil für das Wurzelxylem ihre Bestätigung.

Die Gefäße sind von mittelgroßem Lumen und zahlreich; eine typisch radiale oder ringförmige Anordnung ist

[1] Dr. H. Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen, 1899, S. 275.

jedoch nicht zu erkennen. Sie stehen einzeln oder in Gruppen zu je 2 oder 3 tangential oder radial nebeneinander zerstreut im Grundgewebe. Die Gefäßdurchbrechungen in der Wurzel sind ausschließlich leiterförmig und reichspangig. An den Gefäßwänden finden sich in Berührung mit dem Markstrahlenparenchym fast nur gehöfte Tüpfel.

Thyllen konnte ich nicht feststellen; auch der von Solereder erwähnte Spiralring in den Gefäßen von Staphylea pinnata war nicht zu erkennen.

Neben den Gefäßen kommen weitlumige Tracheiden mit Hoftüpfeln vor. Die Hoftüpfel an den beiderseitigen Enden sind stark verbreitert und stehen sehr dicht, so daß sie den Eindruck von leiterförmiger Gefäßdurchbrechung erwecken.

Das Holzprosenchym ist reichlich entwickelt und besteht aus langen, englumigen, dickwandigen Holzfasern, ausschließlich mit Hoftüpfelung. Die Holzfasern sind in radialen Reihen angeordnet, doch gehen diese nicht wie die Markstrahlen von der Mitte bis zur Peripherie, sondern sind häufig durch andere Elemente unterbrochen. Meist stehen mehrere solcher Reihen von Holzfasern nebeneinander.

Das Holzparenchym ist sehr spärlich entwickelt und findet sich nur in Begleitung der Gefäße.

4reihige Markstrahlen, wie Solereder sie als häufig angibt, habe ich selten gefunden, meist waren sie 1—3reihig.

Die sekundäre ist im Verhältnis zum Holzkörper schwach entwickelt. Man kann, wenn auch nicht immer deutlich, eine Außen- und Innenrinde unterscheiden. Im Querschnitt zeigt die sekundäre Rinde rundliche, dicht aneinander gefügte Zellen, die inneren kleiner als die äußeren. Die Zellen der inneren Schichten sind im Längsschnitt gleichförmig, rechteckig und längsgestreckt, die der äußeren sind breiter und rundlich.

Auf der Grenze beider Rindenschichten finden sich Gruppen von Sklereiden und Bastfasern. Diese Gruppen stehen ganz isoliert und sind nie zu einem kontinuierlichen

Ring geschlossen; diese Tatsache zieht Radlkofer[1] neben anderen zur Unterscheidung der Staphyleaceen von den Sapindaceen heran.

Einzelkristalle habe ich nie gefunden, wohl aber vereinzelt Kristalldrusen von oxalsaurem Kalk. Diese finden sich in den inneren Rindenschichten in Kristallkammerzellen.

Korkentwicklung habe ich nicht feststellen können. Bei den ältesten mir zur Verfügung stehenden Wurzeln von ca. 7 mm Dicke umschließt die primäre Rinde noch vollständig den Zentralzylinder. Zwar sind hier die Hypodermis und die obersten Rindenschichten abgestoßen, dafür geben aber die Zellwände der jetzt als äußerste liegenden Rindenschichten Reaktionen mit Sudan III und Phloroglucin + Salzsäure, so daß diese Schicht die schützende Funktion der Hypodermis übernommen hat. Die Zellen der noch vorhandenen primären Rinde waren lebend und enthielten teilweise Stärke, die auch von der sekundären Rinde und dem Holz- und Markstrahlparenchym in reichlichem Maße gespeichert wird.

1. Staphylea pinnata.

Prim. Stadium: Epidermis sehr zartwandig, großzellig, wird sehr früh abgestoßen. Hypodermis großzellig, einschichtig, nicht gleichförmig; Zellen kubisch oder radial gestreckt, dann meist 5eckig. Primäre Rinde besteht aus vielen Schichten, etwas großzelliger als die Hypodermis; Zellen der innersten Schicht etwas kleiner. Endodermis einschichtig, gleichförmig. Zellen dünnwandig, klein, in tangentialer Richtung wenig gestreckt. In sehr frühem Stadium schon stark verdickte, englumige Holzelemente. Sekundäres Stadium: Gefäße von mittlerem Durchmesser, 0,017--0,052 mm, mit großen Hoftüpfeln und leiterförmiger Durchbrechung; auf dem Querschnitt zahlreich in unregelmäßiger Anordnung, meist einerseits Markstrahlen berührend.

[1] L. Radlkofer, Über die Gliederung der Familie der Sapindaceen, 1890, Sitz.-Ber. d. Münch. Akad. S. 112.

Neben Gefäßstracheiden mit breiten Hoftüpfeln bilden enge, lange, dickwandige Holzfasern mit Holztüpfeln die Grundmasse des Holzes; diese im Holzquerschnitt meist zu mehreren nebneinander in unterbrochenen radialen Reihen angeordnet. Holzfasern mit einfacher Tüpfelung fehlen. Markstrahlen 1—3reihig, mit Zellen verschiedener Form. Die im tangentialen Schnitt erkennbaren mittleren Zellen sind kubisch oder rundlich mit einfacher Tüpfelung, die an den beiderseitigen Enden liegenden Zellen sind langgestreckt und mit Hoftüpfelung versehen. Übereinander liegende Markstrahlen bei dieser Art oft durch langgestrecktes Holzparenchym mit einfacher Tüpfelung miteinander verbunden. Im übrigen ist das Holzparenchym kaum entwickelt. Im Holzquerschnitt erscheinen die Markstrahlen unauffällig mit kleinen, oft sehr schmalen radial gestreckten oder quadratischen Zellen. Sekundäre Rinde in kleinzellige Innenrinde und großzellige Außenrinde geschieden. Auf der Grenze beider liegen einzelne Gruppen von dickwandigen, weitlumigen Sklereiden und Bastfasern. Kristalldrusen klein und spärlich, meist in Zellreihen untereinander. Korkentwicklung nicht beobachtet.

2. Staphylea trifoliata.

Prim. Stadium: Epidermis wird kurz hinter der Wurzelspitze abgestoßen. Hypodermis mit schmalen, in radialer Richtung gestreckten, dünnwandigen, großen Zellen. Primäre Rinde neunschichtig, großzelliger als die Hypodermis, besonders die mittleren Schichten. Endodermis einschichtig, mit kleinen, dünnwandigen, tangential gestreckten Zellen. Primäre Rinde bleibt sehr lange erhalten. Sekundäres Stadium: Zusammensetzung des Holzes wie bei Staphylea pinnata. Holzparenchym spärlich, jedoch reichlicher als bei Staphylea pinnata. Markstrahlen 1—4schichtig, auf dem Querschnitt deutlich erkennbar, im Tangentialschnitt gedrungen; Markstrahlzellen liegend. Gefäße zahlreich, aber spärlicher als bei voriger Art, einerseits Markstrahlen be-

rührend. Durchmesser 0,026—0,05 mm. In der sekundären Rinde fand ich bei den verhältnismäßig jungen Wurzeln keinerlei sklerenchymatische Elemente. Kristalldrusen sehr spärlich in Kristallkammerzellen. Innere Rinde von sehr gleichmäßigem Bau längsgestreckter Zellen, äußere Rindenzellen rundlich. Korkentwicklung nicht beobachtet.

3. Staphylea colchica.

Prim. Stadium: Hier konnte ich Heterorhizie feststellen. Epidermis wird früh abgestoßen; sie ist kleinzelliger wie bei den vorigen Arten. Hypodermis ist großzellig und besteht aus kubischen oder radiär gestreckten Zellen. In der Regel ist sie 1schichtig, bei den Bereicherungswurzeln z. T. 2schichtig, Rindenzellen sind größer als die der Hypodermis, besonders die der mittleren Schichten. In den äußeren Zellschichten endotrophe Mycorrhiza. Die innersten Rindenschichten sind bei älteren Wurzeln tangential gestreckt und im radiären Durchmesser schmal. Ein gleiches Verhalten zeigt die Endodermis, die im jungen Zustande aus kubischen Zellen besteht, später aber die Zellen tangential streckt. Die Bereicherungswurzeln legen 4 Xylemanfänge an, die Saugwurzeln 2. Wie bei den anderen Staphyleaarten bleibt auch hier die primäre Rinde lange erhalten, deren äußerste Rindenschichten nach und nach abgestoßen werden. Sekundäres Stadium: Gefäße zahlreich; Durchmesser 0,016—0,04 mm, einzeln oder in Gruppen zu 2 oder 3 unregelmäßig im Holzkörper verteilt. Gefäße meist von Holzparenchym begleitet oder an einer Seite an Markstrahlen grenzend. Die Holzfasern sind lang, hofgetüpfelt und dickwandig. Tracheiden häufig, mit breiten Tüpfeln. Markstrahlen großzellig, 1—3reihig. Sekundäre Rinde wenigschichtig, mit fast gleichförmigen Zellen. Sklerenchymatische Elemente sowie Kristalldrusen sehr selten. Korkentwicklung nicht beobachtet.

II. Zusammenfassung der Resultate und Versuch einer systematischen Bestimmungstabelle für die von mir untersuchten Arten.

Die Epidermis ist in der Regel 1schichtig, kommt jedoch auch mehrschichtig vor, z. B. bei Celastrus mollis und Elaeodendron pubescens, wo die dünnwandigen Schichten (bei Elaeodendron pubescens sind alle dünnwandig, bei Celastrus mollis ist die äußerste stark verdickt) früh abgestoßen werden. Bei einer Reihe von Arten (Evonymus japonica, Ev. latifolia, Ev. atropurpurea, Cassine capensis, Cassine Maurocenia, Ilex balearica, Lithraea venenosa u. a.) ist die äußere Tangentialwand der Epidermiszellen stark verdickt. Nach v. Alten soll diese Verdickung mehr auf verwandtschaftlichen Beziehungen als auf biologischen Faktoren beruhen. Es würde jedoch nicht angehen, aus der Anwesenheit dieser Verdickung bei einigen Arten einer Gattung auf das Vorhandensein auch bei den anderen Arten zu schließen. Daß dies nicht immer möglich ist, zeigte eine Reihe von Evonymus-Arten, bei denen eine solche Verdickung nicht festzustellen ist, während andere sie in ausgedehntem Maße besitzen.

Die Lebensdauer der Epidermis ist verschieden. Bei Staphylea wird die dünnwandige Epidermis schon dicht hinter der Wurzelspitze abgestoßen, bei anderen Arten bleibt sie lange erhalten.

Stets ist eine Hypodermis vorhanden, die meist 1schichtig, nur in seltenen Fällen (Ilex dahoon, Schinus dependens, Schinus mollis, Evonymus europaea, Ev. nana) mehrschichtig ist; die Zellen der unteren Schicht sind aber nicht alle verkorkt. Bei Semecarpus atrata ist die 3. Rindenschicht als Hypodermis ausgebildet. Die Form der Hypodermiszellen kann bei den Arten einer Familie verschieden sein. Eine allgemeine Verdickung der Wände findet nie statt, wohl aber zeigt Rhus vernicifera eine starke Verdickungsleiste der Zellmembran parallel zur Wurzeloberfläche. Das Größen-

verhältnis der Hypodermiszellen zu den Epidermis- und Rindenzellen ist ein sehr verschiedenes. Die Hypodermiszellen können innerhalb der Familien und Gattungen sowohl ebenso groß als doppelt oder 3—5 fach so groß sein als die Epidermiszellen und können ebenso groß oder kleiner oder größer als die äußersten Rindenzellen sein.

Bei allen Arten ist die primäre Rinde nur wenigschichtig, mit Ausnahme der Rinde einiger Bereicherungswurzeln, die mehr als 10 Zellschichten führen. Das Größenverhältnis, d. h. ob alle Zellen gleich groß oder die mittelsten, äußersten oder innersten Schichten großzelliger als die anderen sind, wechselt innerhalb der Familien und Gattungen. Bei einigen Ilex-Arten finden sich verholzte Zellen in den inneren Rindenschichten. Mehrfach speichert die primäre Rinde Stärke und enthält in ihren Zellen Drusen von oxalsaurem Kalk.

Die Endodermis ist allgemein gleichförmig ausgebildet. Ihre Zellen sind rundlich oder tangential gestreckt. Bei dünneren Wurzeln tritt die Verkorkung früher auf als bei dicken und bei Saugwurzeln früher als bei Bereicherungswurzeln.

Mykorrhiza findet sich selten.

v. Alten stellte aus seinen Untersuchungen als allgemein gültig auf, daß das primäre Stadium, besonders die Epidermis und Hypodermis geeignet sind, Familien und Gattungen zu unterscheiden. Dies trifft für die von mir untersuchten Wurzeln nicht zu, denn Epidermis und Hypodermis können in ein- und derselben Familie Verschiedenheiten aufweisen, einzelne Vertreter einer Familie aber mit denen einer anderen im Bau der Epidermis und Hypodermis übereinstimmen. Es lassen sich allenfalls die Staphyleaceen durch das frühere Verschwinden der zartwandigen Epidermis von den anderen Familien unterscheiden, oder auch die Anacardiaceen durch das Auftreten schizolysigener Harzgänge im Phoem, die aber im sekundären Stadium deutlicher zu erkennen sind.

Das sekundäre Stadium erscheint brauchbarer, um die Familien und Gattungen voneinander zu trennen. Das Vorhandensein schizolysigener Harzgänge in der sekundären Rinde ist charakteristisch für die Familie der Anacardiaceae, wodurch sie sich von den übrigen von mir untersuchten Familien unterscheidet. Für diese anderen Familien ist in erster Linie der Holzkörper mit Erfolg zur Unterscheidung heranzuziehen. Bei den Celastraceen scheinen niemals leiterförmige Gefäßdurchbrechungen vorzukommen, während sie bei den Staphyleaceen und Aquifoliaceen überwiegend sind. Auch die verschiedene Tüpfelung des Holzprosenchyms und Holzparenchyms kann ebenso wie die Häufigkeit und Breite der Markstrahlen oder die Form und Größe der Markstrahlzellen benutzt werden. Bisweilen habe ich auch die Reinlichkeit der Gefäße und deren Anordnung im Holzkörper zur Unterscheidung der Arten herangezogen. Mehrfach fanden sich in den Gefäßen Thyllen, doch lege ich diesen keinen systematischen Wert bei. Keineswegs darf man auch das absolute Lumen der Gefäße oder der übrigen Holzelemente zur systematischen Unterscheidung benutzen, denn die lichte Weite der Holzelemente wird immer von biologischen Faktoren abhängig sein. Vielfach zog ich zur Untersuchung der Gattungen das Vorhandensein oder Fehlen sklerenchymatischer Elemente und ihre Anordnung in der sekundären Rinde heran. Es wäre übrigens zu untersuchen, ob die zuletzt genannten Unterscheidungsmerkmale für alle Arten der Gattungen Gültigkeit haben und nicht nur für die von mir untersuchten. Ferner steht noch die Prüfung aus, inwieweit die einzelnen Kristallformen des oxalsauren Kalks in der sekundären Rinde in ihrem Auftreten oder Fehlen von biologischen Faktoren abhängig sind und ob sie zu systematischen Unterscheidungen herangezogen werden dürfen.

A. Sekundäre Rinde mit Harzkanälen: Fam. Anacardiaceae.

I. In der sekundären Rinde keine Bastfasern und Steinzellen oder nur einzelne sklerotisierte Zellen, die in der Form von den anderen Rindenzellen kaum verschieden sind: Gattung Rhus.

1. Ringförm. Gefäßanordnung im sekundären Holzkörper:

a. Primäre Rinde 2schichtig Rhus cotinus.

b. PrimäreRinde3—4schichtig.

α. In der sekundären Rinde keine sklerenchymatischen Elemente; Markstrahlen im sekundären Holzkörper spärlich: Rhus semialata.

β. Die ältesten Sekretgänge in der sekundären Rinde von sklerotisierten Zellen begleitet. Markstrahlen zahlreich: Rhus vernix.

2. Keine ringförmige Gefäßanordnung im sekundären Holzkörper:

a. Hypodermiszellen 3—5mal so breit wie die Epidermiszellen: Rhus pendulina.

b. Hypodermiszellen doppelt so breit wie die Epidermiszellen: Rhus coccifera.

c. Hypodermiszellen ebenso breit oder wenig breiter als die Epidermiszellen:

α. In der sekundären Rinde Einzelkristalle:

αα. Große Einzelkristalle spärlich: Rhus undulata.

ββ. In den äußeren Schichten der sekundären Rinde große Einzelkristalle, in den inneren Schichten kleine Kristalle in Kristallkammerzellen: Rhus viminalis.

β. In der sekundären Rinde in den äußeren Schichten große Kristalldrusen, in den inneren Schichten kleine Drusen in Kristallkammerzellen: Rhus toxicodendron.

II. In der sekundären Rinde nur Bastfasern, keine Steinzellen:

1. Bastfasern fast zum Ring geschlossen: Mauria simplicifolia.

2. Bastfasern in einzelnen Gruppen: Gattung Schinus.

a. Hypodermis undeutlich, meist fehlend: Schinus latifolia.

b. Hypodermis 1schichtig:

α. Epidermis dünnwandig: Schinus terebenthifolia.

β. Epidermis mit verdickter Außenwand: Schinus mollis.

c. Hypodermis gebildet von mehreren Zellschichten:

α. Primäre Rinde großzellig, 2—3 Schichten; Endodermis großzellig: Schinus dependens.

β. Primäre Rinde 5schichtig, bleibt lange erhalten. Endodermis kleinzellig: Schinus longifolia.

III. In der sekundären Rinde Steinzellen und Bastfasern, letztere spärlich, nur in Begleitung der Harzkanäle:

1. In der sekundären Rinde sehr viel Einzelkristalle und Drusen: Pistacia Lentiscus.

2. In der sekundären Rinde wenig Einzelkristalle: Pistacia Terebinthus.

IV. In der sekundären Rinde keine Bastfasern, nur Steinzellen, zum Ring geschlossen: Lithraea venenosa.

B. Sekundäre Rinde ohne Harzkanäle.

I. Nur einfache Gefäßdurchbrechungen, niemals leiterförmige: Fam. Celastraceae.

1. In der sekundären Rinde keine verholzten Elemente:

a. Markstrahlen fast nur 1reihig, höchstens 2reihig:

α. Sekundäre Rinde ohne Sekretschläuche:

αα. Außenwand der Epidermis unverdickt, Gefäße im sekundären Holzkörper zahlreich: Catha edulis.

ββ. Außenwand der Epidermis verdickt, Gefäße im sekundären Holz zahlreich: Evonymus nana.

β. Sekundäre Rinde mit Sekretschläuchen:	Evonymus atropurpurea, Ev. Maacki, Ev. alata, Ev. Hamiltoniana, Ev. occidentalis, Ev. latifolia, Ev. Bungeana, Ev. verrucosa, Ev. Sieboldiana, Ev. japonica, Ev. angustifolia, Ev. europaea.
b. Markstrahlen 1—3 reihig:	
α. Markstrahlzellen radial gestreckt:	Maytenus Boaria.
β. Markstrahlzellen tangential gestreckt:	Elaeodendron pubescens.
2. In der sekundären Rinde verholzte Elemente vorhanden:	
a. Die verholzten Zellen sind im Querschnitt gleich groß oder wenig größer als die übrigen Rindenzellen:	
α. Markstrahlen 1—2 reihig, zahlreich:	Cassine maurocenia.
β. Markstrahlen 1—3 reihig, sehr zahlreich, höchstens durch 3 Reihen Prosenchym getrennt:	Cassine capensis.
b. Verholzte Elemente der sekundären Rinde größer als die übrigen Rindenzellen:	
α. Verholzte Elemente in Gruppen:	Celastrus mollis.
β. Verholzte Elemente zum Ring geschlossen:	Celastrus buxifolia.

II. Nur leiterförmige oder doch vorwiegend leiterförmige Gefäßdurchbrechung.

1. Korkentwicklung setzt schon ein, sobald der primäre Holzkörper der Wurzel zentral geschlossen ist. Primäre Rinde versintert in der Regel früh: Fam. Aquifoliacae.

a. In der sekundären Rinde von 2jährigen Wurzeln keine sklerenchymatischen Elemente:

α. Gefäße im Holzkörper zerstreut: Ilex dahoon.

β. Gefäße in radialen Reihen angeordnet: Ilex decidua.

b. In der sekundären Rinde von 2 jährigen Wurzeln sklerenchymatische Elemente:

α. Keine Steinzellen mit engem Lumen; sklerenchymatische Zellen mit schwach verdickter Wandung, einzeln oder in Gruppen.

αα. Gefäße zerstreut: Ilex aquifolium, Ilex aquifolium scotica.

ββ. Gefäße radial angeordnet: Ilex prunifolia.

β. Steinzellen vorhanden:

αα. Sklerenchymatische Elemente der sekundären Rinde in Gruppen:

α. Gefäße radial angeordnet: Ilex laevigata.

b. Gefäße zerstreut angeordnet: Ilex microcarpa.

ββ. Sklerenchymatische Elemente: Ilex balearica, Ilex glabra.

2. Korkentwicklung setzt an den Wurzeln erst viel später ein. Epidermis sehr zartwandig, wird sehr früh abgestoßen. Primäre Rinde bleibt sehr lange lebensfähig: Fam. Staphyleaceae.

a. Markstrahlen unauffällig: Staphylea pinnata.

b. Markstrahlen deutlich erkennbar:

α. Markstrahlen 1—3 reihig, großzellig (im sekundären Holz sehr viele Tracheiden). Staphylea colchica.

β. Markstrahlen 1—4 reihig, (Zellen radial gestreckt). Markstrahlen im Tangentialschnitt gedrungen: Staphylea trifoliata.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Schinus longifolia; Querschnitt der primären Wurzel.

Fig. 2. Celastrus pyracantha; Querschnitt der primären Wurzel.

Fig. 3. Rhus vernicifera; primäre Wurzel (Saugwurzel), quer.

Fig. 4. Rhus vernicifera; primäre Wurzel (Bereicherungswurzel), quer.

Für Fig. 1—4 gilt: a = Epidermis; b = Hypodermis; c = Endodermis; d = Xylem; e = Phloem; f = Harzkanäle. — Die schraffiert gezeichneten Zellen haben verkorkte Membranen.

Fig. 5. Evonymus Maacki. Sekundäre Rinde, quer.

Fig. 6. Evonymus Maacki. Sekundäre Rinde, längs-radiär. Bei s Sekretschläuche.

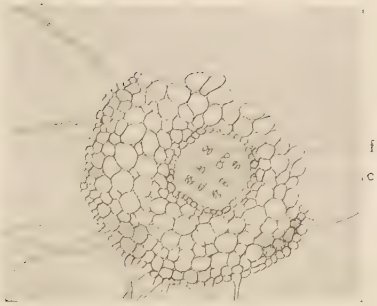

Fig. 1.

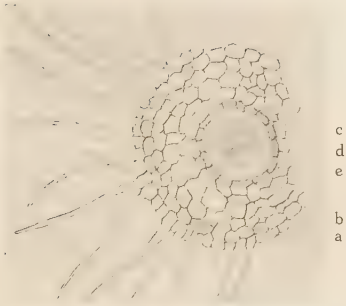

Fig. 2.

Fig. 3.

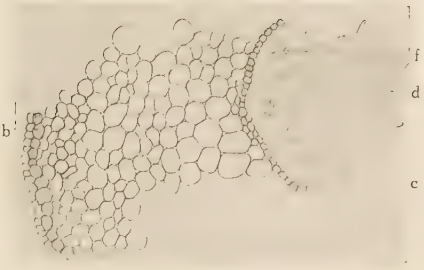

Fig. 4.

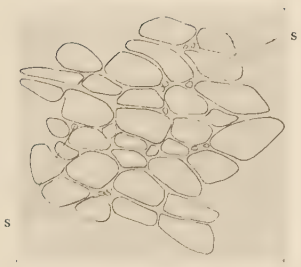

Fig. 5.

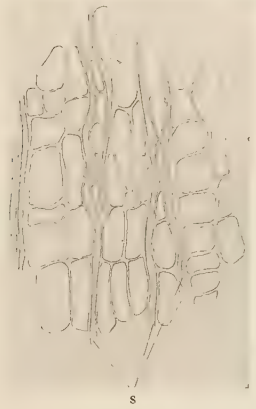

Fig. 6.

Literaturverzeichnis.

v. Alten, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Wurzeln, nebst Bemerkungen über Wurzelthyllen, Heterorhizie, Lenticellen. 1908.

Büsgen, Studien über die Wurzelsysteme einiger dikotyler Holzpflanzen. Flora Bd. 95, 1905.

Freidenfeldt, Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhang mit dem Wassergehalt des Bodens. (Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen II.) Bibl. bot. Heft 61.

Krömer, Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzel. Bibl. bot. Heft 59.

Lohrer, O., Beiträge zur anatomischen Systematik. Diss. Marburg 1886.

Loesener, Vorstudien zu einer Monographie der Aquifoliaceen. Diss. Berlin 1890.

Metz, Anatomie der Laubblätter der Celastraceen. Diss. Erlangen 1903/04.

Moeller, O., Rindenanatomie. 1882.

Radlkofer, Gliederung der Sapindaceen. Sitz.-Ber. der Münchener Akademie. 1890.

Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart 1899.

Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Ergänzungsband. Stuttgart 1908.

Stengel, Anatomie der Laubblätter der Celastraceen. Diss. Erlangen 1892/93.

Tschirch, Über die Heterorhizie bei Dikotylen. Flora Bd. 94, 1905.

Frank, Dr. A., Über die Entstehung der Interzellularräume der Pflanzen. Leipzig 1868.

Möbius, M., Der japanische Lackbaum, Rhus vernicifera. Abhandl. der Senckenbergischen Naturf. Gesellschaft. Bd. 20 Heft 2, 1899.

Molisch, Dr. H., Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena 1901.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 3
I. Anatomischer Befund 4
Anacardiaceae 5
Aquifoliaceae 18
Celastraceae 25
Staphyleaceae 41
II. Zusammenfassung der Resultate und Versuch einer systematischen Bestimmungstabelle der untersuchten Arten 47
Bestimmungstabelle 50
Figurenerklärung 56
Literaturverzeichnis 59

Lebenslauf.

Der Verfasser vorstehender Arbeit, Wilhelm Weber, ev.-ref. Konfession, wurde am 5. August 1889 zu Göttingen geboren. Nachdem er am Unterricht der Bürgerschulen zu Altenbeken und Göttingen teilgenommen hatte, wurde er 1900 in die Kaiser-Wilhelm-Oberrealschule zu Göttingen aufgenommen, die er Ostern 1909 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Nach dem Ablauf seines Militärdienstjahres (1909—1910) widmete er sich dem Studium der Naturwissenschaften und besuchte die Georg-August-Universität zu Göttingen. Zu seiner Ausbildung hörte er die Vorlesungen der Herren Professoren Baumann, Berthold, Bousset, Ehlers, Freudenberg, Hofmann, Kötz, Müller, Peter, Pompeckj, Riecke, Wallach.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, fühlt sich der Verfasser zu aufrichtigem Dank verpflichtet.